

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

TEMA:

“SISTEMAS DE EMPACADO DE BOTELLAS PARA MEJORAR EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN EL PROCESO DE EMBOTELLADO EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.”

AUTOR: Egdo. Alex Fabricio Jácome Castro

TUTOR: Ing. Mauricio Carrillo

AMBATO-ECUADOR

2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “SISTEMAS DE EMPACADO DE BOTELLAS PARA MEJORAR EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN EL PROCESO DE EMBOTELLADO EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”. Del señor ALEX FABRICIO JÁCOME CASTRO, estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica, considero que dicho informe reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación de jurado examinador designado por el H. Consejo.

Ambato, Noviembre del 2015

EL TUTOR

.....
Ing. Mauricio Carrillo

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

Los criterios emitidos en el informe de investigación: “SISTEMAS DE EMPACADO DE BOTELLAS PARA MEJORAR EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN EL PROCESO DE EMBOTELLADO EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.” como también las ideas, conclusiones, recomendaciones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este trabajo de grado.

Ambato, Noviembre del 2015

EL AUTOR

.....
Alex Fabricio Jácome Castro

1804470472

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi familia ya que gracias a ellos que con su apoyo incondicional pude culminar con esfuerzo, sacrificio y dedicación, a mis maestros ya que ellos fueron los pilares en el proceso de mi aprendizaje para que esto pueda verse plasmado en la presentación de esta tesis.

Fabricio Jácome

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Mirian y Jorge, que nunca me dejaron solo en los momentos más difíciles y en los cuales supieron apoyarme y motivarme a seguir adelante en este proceso que ha sido difícil pero no imposible, a mi hija Emiliana por que fue el motivo que me impulso a seguir adelante a pesar de las adversidades, a mis maestros y compañeros los cuales me brindaron su amistad, confianza y conocimiento para que sintiera que este esfuerzo me daría gratificantes resultados a todos gracias por su apoyo incondicional.

Fabricio Jácome

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

| | |
|---|------------|
| PORTADA | i |
| APROBACIÓN DEL TUTOR | ii |
| AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO | iii |
| DEDICATORIA | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO | vi |
| RESUMEN EJECUTIVO | xiv |
| EXECUTIVE SUMMARY | xv |
| CAPÍTULO I | 1 |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 1 |
| 1.1 TEMA | 1 |
| 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.2.1 Contextualización | 1 |
| 1.2.2 Análisis crítico | 2 |
| 1.2.3 Prognosis..... | 3 |
| 1.2.4 Formulación del problema | 4 |
| 1.2.5 preguntas directrices | 4 |
| 1.2.6 Delimitación del problema de investigación..... | 4 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN | 5 |
| 1.4 OBJETIVOS | 6 |
| 1.4.1 Objetivo general..... | 6 |
| 1.4.2 Objetivos específicos | 6 |
| CAPÍTULO II | 8 |

| | |
|---|-----------|
| MARCO TEÓRICO | 8 |
| 2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS | 8 |
| 2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA | 8 |
| 2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL | 9 |
| 2.4 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES | 10 |
| 2.4.1 Sistemas de medición y control | 10 |
| 2.4.2 Diseño mecánico | 15 |
| 2.4.3 Sistemas termicos..... | 17 |
| 2.4.4 Sistemas de empaçado de botellas | 20 |
| 2.4.5 Procesos de producción..... | 29 |
| 2.4.6 Mejoramiento de tiempos de producción..... | 32 |
| 2.5 HIPÓTESIS | 32 |
| 2.5.1 Señalamiento de variables..... | 32 |
| CAPÍTULO III..... | 34 |
| METODOLOGÍA | 34 |
| 3.1 ENFOQUE..... | 34 |
| 3.2 MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 34 |
| 3.2.1 Modalidad básica de la investigación | 34 |
| 3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN | 35 |
| 3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA | 36 |
| 3.4.1 Población..... | 36 |
| 3.4.2 Muestra | 36 |
| 3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 37 |
| 3.5.1 Variable independiente | 37 |

| | |
|---|-----------|
| 3.5.2 Variable dependiente. | 38 |
| 3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN..... | 39 |
| 3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS | 39 |
| 3.7.1 Plan de procesamiento de la información | 39 |
| 3.7.2 Plan de análisis e interpretación de resultados..... | 39 |
| CAPÍTULO IV | 41 |
| ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... | 41 |
| 4.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE EMBOTELLADO..... | 41 |
| 4.1.1 Máquina dosificadora..... | 41 |
| 4.1.2 Máquina taponadora..... | 42 |
| 4.1.3 Máquina etiquetadora..... | 43 |
| 4.2 CONFORMACIÓN DE ALTERNATIVAS..... | 44 |
| 4.3 MÁQUINAS EMPACADORAS..... | 45 |
| 4.3.1 Tipos de material o película de empaque..... | 49 |
| 4.4 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MÁQUINA EMPACADORA Y TIPO DE PELÍCULA DE EMPACADO | 54 |
| 4.4.1 Selección de la máquina empacadora | 54 |
| 4.4.2 Selección de la película para empaquetado | 60 |
| 4.5 PRUEBAS DE EMPAQUETADO | 63 |
| 4.5.1 Empaquetado manual..... | 63 |
| 4.5.2 Empaquetado automático..... | 67 |
| 4.6 INTERPRETACIÓN DE DATOS..... | 68 |
| 4.7 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS | 68 |
| CAPÍTULO V..... | 70 |

| | |
|---|-----------|
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 70 |
| 5.1 CONCLUSIONES..... | 70 |
| 5.2 RECOMENDACIONES..... | 71 |
| CAPÍTULO VI | 72 |
| PROPUESTA | 72 |
| 6.1 DATOS INFORMATIVOS..... | 72 |
| 6.1.1 Título..... | 72 |
| 6.1.2 Institución Ejecutora. | 72 |
| 6.1.3 Beneficiarios | 72 |
| 6.1.4 Ubicación | 72 |
| 6.1.5 Tiempo Estimado para la Ejecución | 73 |
| 6.1.6 Equipo Técnico Responsable..... | 73 |
| 6.1.7 Costo | 73 |
| 6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA..... | 73 |
| 6.3 JUSTIFICACIÓN | 74 |
| 6.4 OBJETIVOS..... | 74 |
| 6.4.1 Objetivo General..... | 74 |
| 6.4.2 Objetivos Específicos..... | 74 |
| 6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD..... | 75 |
| 6.6 FUNDAMENTACIÓN | 75 |
| 6.6.1 Dimensiones generales de la empaquetadora térmica de botellas. | 75 |
| 6.6.2 Parámetros de la máquina empacadora de botellas..... | 77 |
| 6.6.3 Diseño de la empacadora. | 78 |
| 6.6.4 Cálculos térmicos..... | 81 |

| | |
|---|------------|
| 6.6.5 Cálculos de diseño mecánico | 105 |
| 6.6.6 Cálculos neumáticos | 135 |
| 6.6.7 Diseño del sistema eléctrico de control y potencia..... | 139 |
| 6.7 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO..... | 147 |
| 6.8 ADMINISTRACIÓN..... | 148 |
| 6.8.1 Costos Materiales..... | 148 |
| 6.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 151 |
| 6.9.1 Conclusiones..... | 151 |
| 6.9.2 Recomendaciones..... | 152 |
| 6.10PREVISIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 152 |
| Mantenimiento y seguridad | 153 |
| Bibliografía | 154 |
| ANEXOS | 156 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1: Red de categorías fundamentales | 10 |
| Figura 2.2: Máquina de empaque película PE | 19 |
| Figura 2.3: Actividad del Procesos | 30 |
| Figura 4.1: Máquina empacadora Termoencogible | 46 |
| Figura 4.2: Empacadora al vacío | 47 |
| Figura 4.3: Máquina envolvedora automática RTA. | 48 |
| Figura 4.4: Ordenamiento de botellas..... | 64 |
| Figura 4.5: Envoltura del plástico..... | 64 |
| Figura 4.6: Corte del plástico..... | 65 |
| Figura 4.7: Empacado final..... | 65 |
| Figura 6.1: Dimensiones interiores de la cámara..... | 80 |

| | |
|--|-----|
| Figura 6.2: Botella PED..... | 84 |
| Figura 6.3: Áreas de la cámara | 93 |
| Figura 6.4: Circuito térmico de la Cámara | 98 |
| Figura 6.5: Diseño del Sistema de Transmisión | 106 |
| Figura 6.6: Diagrama de cuerpo libre de la posición de los ejes del sistema de transmisión | 117 |
| Figura 6.7: Diagrama de cuerpo libre del momento torsor..... | 118 |
| Figura 6.8: Diagrama de cuerpo libre de la descomposición de tensiones en las bandas | 119 |
| Figura 6.9: Diagrama de cuerpo libre de la descomposición de tensiones en las Bandas | 120 |
| Figura 6.10: Diagrama de fuerza cortante y momento flector de la descomposición de tensiones en las bandas..... | 122 |
| Figura 6.11: Diagrama de cuerpo libre de la descomposición de tensiones en las bandas | 123 |
| Figura 6.12: Diagrama de fuerza cortante y momento flector de la descomposición de tensiones en las bandas..... | 124 |
| Figura 6.13: Lógica de funcionamiento..... | 141 |
| Figura 6.14: Variador de Frecuencia 363 | 142 |
| Figura 6.15: Sysmac PLC CQM1 | 143 |
| Figura 6.16: Circuito de control..... | 144 |
| Figura 6.17: Circuito de control y Potencia..... | 145 |
| Figura 6.18: Diagrama Neumático..... | 146 |
| Figura 6.20: Metodología de la investigación | 147 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 2-1 : Modelo ejemplo de máquina de vapor | 20 |
| Tabla 2-2: Propiedades del Polietileno | 25 |
| Tabla 2-3: Propiedades térmicas del PVC | 27 |
| Tabla 2-4: Propiedades físicas del PVC..... | 27 |
| Tabla 3-1: variable Independiente..... | 37 |
| Tabla 3-2: Variable Dependiente | 38 |
| Tabla 4-1: Características Máquina Dosificadora..... | 42 |
| Tabla 4-2: Características Máquina Taponadora | 43 |
| Tabla 4-3: Características Máquina Etiquetadora | 43 |
| Tabla 4-4: Máquina Empacadora Termoencogible..... | 45 |
| Tabla 4-5: Máquina Empacadora al Vacío..... | 46 |
| Tabla 4-6: Máquina envolvedora automática RTA..... | 47 |
| Tabla 4-4: Policloruro de Vinilo. (PVC)..... | 49 |
| Tabla 4-5: Polietileno de Baja Densidad..... | 50 |
| Tabla 4-6: Polietileno de Alta Densidad | 51 |
| Tabla 4-7: Polipropileno | 53 |
| Tabla 4-8: Valores designados para la tabulación de ponderados. | 54 |
| Tabla 4-9: Evaluación del peso específico de cada criterio | 56 |
| Tabla 4-10: Evaluación del peso específico del criterio costo..... | 56 |
| Tabla 4-11: Evaluación del peso específico del criterio tecnología..... | 57 |
| Tabla 4-12: Evaluación del peso específico del criterio espacio. | 57 |
| Tabla 4-13: Evaluación del peso específico del criterio eficiencia..... | 58 |
| Tabla 4-14: Evaluación del peso específico del criterio manejo..... | 58 |
| Tabla 4-15: Evaluación del peso específico del criterio montaje | 59 |
| Tabla 4-16: Resultado de la ponderación..... | 59 |
| Tabla 4-17: Evaluación del peso específico de cada criterio | 60 |
| Tabla 4-18: Evaluación del peso específico del criterio costo..... | 61 |
| Tabla 4-19: Evaluación del peso específico del criterio resistencia | 61 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 4-20: Evaluación del peso específico del criterio eficiencia..... | 62 |
| Tabla 4-21: Resultado de la ponderación..... | 62 |
| Tabla 4-22: prueba de empackado manual..... | 66 |
| Tabla 4-23: Tiempo Promedio de Producción | 66 |
| Tabla 4-24: Prueba de empackado automático | 67 |
| Tabla 4-25: Tiempo Promedio de Producción | 68 |
| Tabla 6-1 Dimensiones del paquete | 76 |
| Tabla 6-2 Dimensiones de la empackadora. | 76 |
| Tabla 6-3: Características del material de operación | 80 |
| Tabla 6-4: Nomenclatura para identificación de las variables de salida..... | 139 |
| Tabla 6-5: Nomenclatura para salidas para el PLC's..... | 140 |
| Tabla 6-6 : Nomenclatura de variables | 140 |
| Tabla 6-7 : Características del Variador de frecuencia | 143 |
| Tabla 6-8: Materiales Mecánicos | 148 |
| Tabla 6-9: Materiales Eléctricos | 149 |
| Tabla 6-10: Mecánicos + Eléctricos..... | 150 |
| Tabla 6-11: Costos Varios..... | 150 |
| Tabla 6-12: Total Suministros..... | 151 |
| Tabla 6-13: Costo Total | 151 |

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo “Sistemas de empaçado de botellas para mejorar el tiempo de almacenamiento en el proceso de embotellado en el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.” está orientado al estudio de mejorar tiempos de producción en el embotellado, sin necesidad del ser humano y la facilidad en la manipulación de los componentes de la máquina.

En sus inicios se recopila información básica acerca del proceso de empaçado de envases de bebidas, los tipos de empaçadoras existentes y las bases teóricas que ayuda a la comprensión del funcionamiento, comportamiento y diseño.

Para seleccionar el polipropileno y la máquina adecuada se realizó las ponderaciones tomando en cuenta las siguientes características: costo, espacio, manejo, tecnología, y material de construcción. Finalmente al haber obtenido la opción acorde a nuestras necesidades se procede a diseñar y seleccionar los elementos que conforman la empaçadora y su afinidad mecánica.

La selección de los componentes que conforman la empaçadora, se realizó un esquema del proceso de funcionamiento de cada uno de los elementos de la misma, también se presenta documentación que facilita el procedimiento y selección de los accesorios y elementos eléctricos.

EXECUTIVE SUMMARY

This work "Bottle packaging systems to improve the storage time in the bottling process at the Laboratory of Automation and Control, Faculty of Civil Engineering and Mechanics at the Technical University of Ambato." Is oriented to the study of improving times production in the bottling without human handling and ease of machine components.

At its inception basic information about the process of packing beverage containers, the types of packing and the theoretical basis that helps understanding the operation, performance and design is collected.

To select the right machine polypropylene and weights was performed taking into account the following: cost, space, management, technology, and building materials. Finally, having obtained the option according to our needs we proceed to design and select the elements of the packing and mechanical affinity.

The selection of the components that make up the packing, an outline of the process operation of each of the elements thereof are made, information that facilitates the procedure and selection of accessories and electrical elements is also presented etc.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA

“SISTEMAS DE EMPACADO DE BOTELLAS PARA MEJORAR EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN EL PROCESO DE EMBOTELLADO EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

El empaqueo de agua embotellada, a lo largo del tiempo, fue variando no sólo por el avance tecnológico sino por la necesidad del ser humano en la facilidad de manipulación y el aumento de producción en la Industria mundial. En sus inicios fue considerado simplemente como un contenedor o protector de botellas que debería estar ordenadamente en cada sitio pasando luego a ocupar un lugar asociado mucho más a la automatización y a la presentación del producto ya que es lo primero que se observa, y a partir de ahí comunica las cualidades y los beneficios que se obtienen al consumirlo.

El empaqueo es la cobertura que da mayor protección y poder de manipulación a las botellas envasadas. Su función es perfeccionar las condiciones para el almacenamiento, transporte y llegada a destino de los productos en óptimo estado. Habitualmente se

dice que el embalaje es “el envase del envase”. En este caso, la caja o plástico que contiene a todas las botellas para ser transportados a los comercios es el embalaje.

Mientras el envase contiene al producto y promueve su identidad, el embalaje protege al envase.

Sin un empaque adecuado sería imposible que la mayoría de los productos comercializados a nivel de la industria fuesen distribuidos en un mercado cada vez más amplio.

En la actualidad en la provincia de Tungurahua se encuentra comercializado por la venta de gaseosa y agua embotellada una de las partes importantes en la industria es el embalaje o empaquetado son los sistemas de protección colectiva del producto (por eso se lo relaciona además con el almacenamiento).

En la Universidad Técnica de Ambato se ha observado la inexistencia de un sistema de empaquetado de botellas en el proceso de embotellado en el laboratorio de Automatización y control por lo cual la implementación de un prototipo automatizado para el empaquetamiento será de gran ayuda para poder tomar los tiempos de producción.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

En el siguiente proyecto se estudiará los sistemas de empaquetado de las botellas de agua el mismo que está orientado a brindar una alternativa como es mejorar los tiempos de almacenamiento en el proceso de embotellado del laboratorio de automatización y control de la carrera de ingeniería mecánica, en el cual existirá una satisfacción en la parte académica tanto en docentes como en estudiantes ya que podrán analizar todos los procesos automatizados del proceso de embotellamiento. El estudio será beneficioso ya que seleccionaremos una fuente térmica para el encogimiento térmico y

un material frágil para el empacamiento de las botellas y así podremos mejorar los tiempos de almacenamiento del proceso de embotellamiento.

Este sistema permitirá mejorar los tiempos de almacenamiento del producto, ya que al empacar las botellas en un equipo adecuado a cierta temperatura y en tiempos adecuados podremos observar el tiempo efectivo en el proceso total.

Al realizar este proyecto las autoridades de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica en especial los docentes encargados del laboratorio de automatización y control y los alumnos de la carrera de Ingeniería Mecánica podrán apreciar sus beneficios y mostrarán mayor interés sobre la automatización del sistema de empacado del proceso de embotellamiento ya que se observará un mejoramiento notable en lo que se respecta a los tiempos de almacenamiento.

1.2.3 PROGNOSIS

En caso de no llegar a un proceso adecuado con una fuente térmica para el empaquetamiento de las botellas tendríamos problemas ya que se pueden ocasionar disgustos en el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica ya que no se podrá culminar con el proceso de embotellado.

Además tendremos problemas en los tiempos de almacenamiento ya que no existiría el proceso de empacado en el proceso de embotellamiento con esto se aumentará las pérdidas de tiempo y recursos lo que impedirá alcanzar niveles óptimos de competitividad.

Por otro lado para valorar el proceso se debe considerar además también la automatización del sistema de empacado con sus diversos equipos de encogimiento térmico lo cual si no existe afectara directamente al proceso de embotellamiento y existiría un deficiente sistema de control el mismo que no podrá superarse en la

industria, si observamos a través del tiempo nos podemos dar cuenta que la industria tendrá problemas en su economía interna.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué sistema de empaçado de botellas debe aplicarse para mejorar los tiempos de almacenamiento en el proceso de embotellamiento en el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES

- ¿Qué parámetros son los adecuados para aplicar en los sistemas de empaçado para el proceso de embotellado en el laboratorio de automatización y control?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del proceso de empaçamento de botellas en el proceso de embotellado en el laboratorio de automatización?
- ¿Qué método de aplicación de sistemas de encogimiento térmico es aplicable para el empaquetado?
- ¿Se desarrollará un prototipo de empacadora tomando en cuenta los parámetros críticos de diseño?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.6.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL

El presente estudio se realizará en el periodo comprendido entre junio del 2013 a Noviembre del 2015.

1.2.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL

El estudio de campo se realizará exactamente en el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato ubicada en el sector de Huachi Chico en el Cantón Ambato provincia de Tungurahua, en la Región Sierra, en el País de Ecuador.

1.2.6.3 DELIMITACIÓN DE CONTENIDO

EL PROBLEMA

TEMA

Sistemas de empacado de botellas para mejorar el tiempo de almacenamiento en el proceso de embotellado en el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

ASPECTO

Diseño Mecánico, Transferencia de Calor, Neumática, Plantas Industriales.

AREA

Sistemas de Medición y Control

1.3 JUSTIFICACIÓN

Este tema de estudio se planteó debido a su gran importancia y su tendencia a determinar los tiempos de almacenamiento del proceso de embotellado en el laboratorio de automatización y control además dotaremos de un prototipo de empacado el cual será de gran ayuda para el conocimiento de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica ya que las razones de la investigación están basadas en

conocimientos teóricos acerca de diseño mecánico ,máquinas térmicas ,neumática y sistemas de automatización y control.

El tema estudiado cumple con un aspecto social y técnico porque se analizó los procesos de embotellamiento actuales en el laboratorio de automatización para obtener un óptimo tiempo de almacenamiento con la implementación del sistema de empaçado.

Al tener un proceso completo del embotellamiento de agua nos fue muy útil para el laboratorio de automatización ya que se podrá incentivar a los estudiantes a que visualicen a una perspectiva tecnológica amplia en la industria.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Estudiar los sistemas de empaçado de botellas para determinar los tiempos de almacenamiento en el proceso de embotellamiento en el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad técnica de Ambato.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar que parámetros son los adecuados en los sistemas de empaçado aplicables en el proceso de embotellado en el laboratorio de automatización y control.
- Determinar las ventajas y desventajas del proceso de empaçado de botellas en el proceso de embotellado en el laboratorio de automatización.
- Determinar métodos de aplicación de sistemas de encogimiento térmico para el empaquetado.

- - Desarrollar el prototipo de empacadora tomando en cuenta los parámetros de diseño, producción y costo de fabricación del prototipo de empacadora de botellas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En la actualidad existen diferentes tipos de procesos de empacamiento para diferentes tipos de envases en el campo Industrial, pero los parámetros que se tomarán con mucha importancia en este proyecto serán la temperatura y el tiempo los cuales servirán para determinar qué tipo de empacado se va a realizar además influirá directamente en el mejoramiento de los tiempos de almacenamiento en el proceso de embotellamiento, para lo cual se tomará mucha atención al calentamiento del plástico que será aplicado en el empacamiento de las botellas.

En la Escuela Superior Politécnica del Litoral en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción de la Ciudad de Guayaquil en el 2008 el Sr Ernesto Elías Gonzales Domínguez realizo el DISEÑO DE UNA MÁQUINA FORMADORA DE FARDOS DE FLUJO CONTÍNUO PARA BOTELLAS en el cual concluyó que estas máquinas están diseñadas para ser más eficientes y para funcionar durante largos períodos de trabajo de tal forma que se mantiene una producción rápida y constante con un empaquetado de calidad.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

La presente investigación se basó en un fundamento crítico propositivo el cual además de realizar las investigaciones pertinentes relacionadas con el tema, dará soluciones a los problemas encontrados los cuales serán de suma importancia para el proceso de

embotellamiento en cuanto se refiere al mejoramiento de los tiempos de almacenamiento en el Laboratorio de Automatización y control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, además se utilizará una fuente adecuada para el empaqueo de las botellas. Con esto se mejorará el proceso de embotellamiento y se incentivara a dar soluciones en los procesos de producción de empresas que están relacionadas con el proceso de embotellamiento para que puedan tener un aporte competitivo tecnológicamente en el campo de la producción de bebidas.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

El presente proyecto de investigación se basó en las siguientes leyes reglamentos y normas referentes al sistema de empaqueo de botellas.

En la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN),

- CPE INEN 003:89 Código de dibujo técnico, mecánico.
- NTE INEN 0475:80 Productos empaquetados o envasados.
- NTE INEN 0077:76 Símbolos gráficos para esquemas eléctricos.
- RTE INEN 013:2006 Etiquetado y Rotulado de Textiles, Prendas de vestir, Calzado, Envases y Accesorios afines
- American Iron and Steel Institute (AISI) Es una clasificación de aceros y aleaciones de materiales el cual nos servirá para la selección del material.
- RS 232232 Norma estándar comunicación serial, por medio de este protocolo se estandariza las velocidades de transferencia de datos.
- Normas de soldadura (AWS, ISO, API).

2.4 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

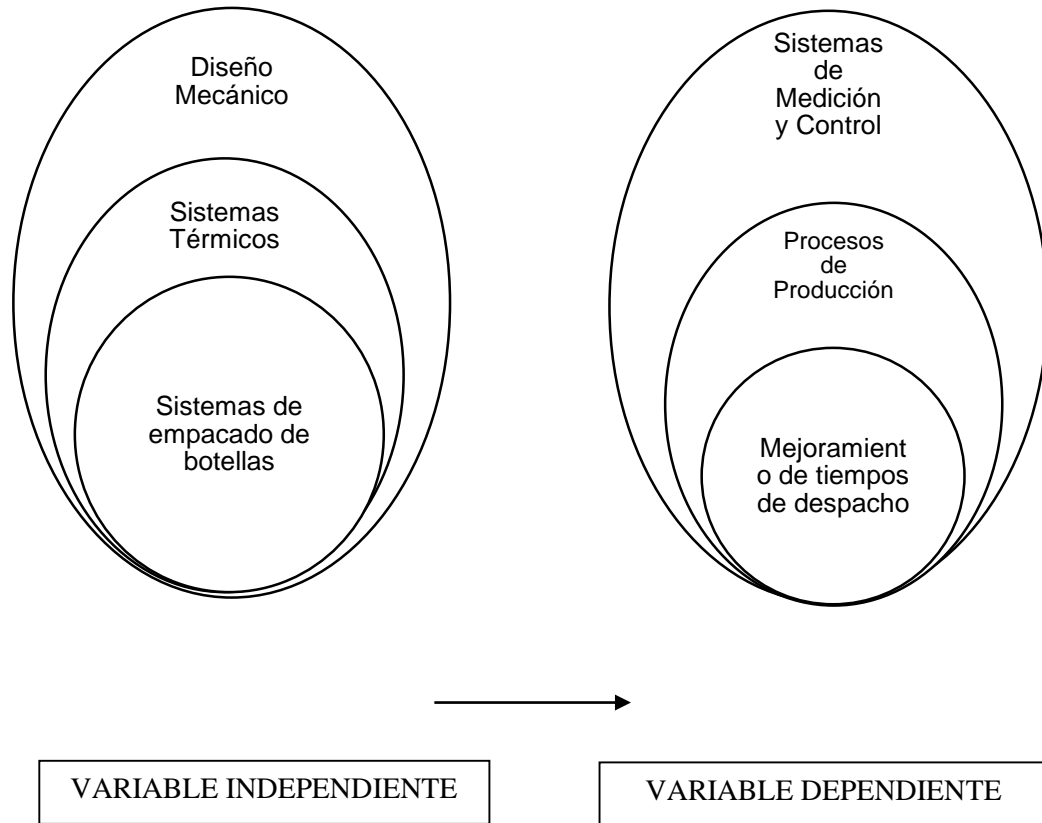


Figura 2.1: Red de categorías fundamentales

Fuente: El Autor (Jácome, F)

2.4.1 SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL

Los instrumentos de medición y control son relativamente complejos y su función puede entenderse si se clasifican de manera adecuada. Dos clasificaciones bastante extendidas pueden ser: por función del instrumento y otra por variable de proceso a medir. (Ogata, 1998)

2.4.1.1 CLASIFICACIONES DE LOS INSTRUMENTOS POR VARIABLE DE PROCESO

Se pasa a desglosar en detalle las posibles variables de proceso a medir, y los diferentes tipos por función. (Ogata, 1998)

- Medidas de Presión
- Medidas de caudal
- Medidas de temperatura
- Medidas de nivel
- Medidas de análisis
- Elementos finales de control.

2.4.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS POR SU FUNCIÓN.

Instrumentos ciegos. Aquellos que no tienen indicación visible de la variable. Termostatos o presostatos, en los que sólo es posible calibrar el punto de disparo; transmisores de caudal, presión, sin indicación. (BOLTON.W, 2010).

Instrumentos indicadores: Disponen de un indicador y escala sobre la que puede leerse el valor de la variable. (BOLTON.W,2010).

Instrumentos registradores. Registran gráficamente la evolución de la variable. Ej. En el cine, la llamada máquina de la verdad genera una gráfica de los estímulos eléctricos del acusado que se reflejan en un rollo de papel. (BOLTON.W,2010).

Elementos primarios. En contacto con el medio, obtienen una señal que sirven al sistema como indicación para generar una medición de la variable controlada. Ej. El termómetro que introducimos en el agua para conocer su temperatura, el flotador. Son aquellos instrumentos que están en contacto con el fluido o variable, utilizando o absorbiendo energía del medio controlado para dar al sistema de medición una indicación en respuesta a la variación de la variable controlada. Los ejemplos más

típicos son las placas de orificio y los elementos de temperatura (termopares o termo resistencias). Cabe indicar que a los instrumentos compactos como manómetros, termómetros, transmisores de presión, etc. ya se supone que el elemento primario está incluido dentro del propio instrumento. (BOLTON.W, 2010).

Transductores. Elementos que reciben una señal de entrada función de una o más cantidades físicas y la convierten modificada o no en una señal de salida. Ej. Un relé, un elemento primario, un convertidor presión-intensidad, etc. (BOLTON.W, 2010).

Transmisores. Captan la señal producida por el elemento primario y la mandan a distancia a un receptor. Son aquellos instrumentos que captan la variable de proceso, generalmente puede ser a través de un elemento primario, y la transmiten a distancia en forma de señal neumática (3-15 psi), electrónica (4-20 mA), pulsos, protocolarizada (hart) o bus de campo (Fieldbus Foundation, Profibus, etc.). Estos instrumentos dan una señal continua de la variable de proceso. Dentro de los transmisores los hay ciegos (sin indicador local) y con indicador local incorporado. (BOLTON.W, 2010).

Indicadores Locales: Son aquellos instrumentos que captan la variable de proceso y la muestran en una escala visible localmente. Los indicadores locales más utilizados son los manómetros (presión), termómetros (temperatura), rotámetros (caudal), etc. Normalmente estos instrumentos no llevan electrónica asociada, aunque también se consideran indicadores locales a los indicadores electrónicos conectados a los transmisores. Estos últimos pueden ser analógicos o digitales. (BOLTON.W, 2010).

Interruptores: Son aquellos instrumentos que captan la variable de proceso, y para un valor establecido actúan sobre un interruptor. Es decir, cambian de estado de reposo ha activado cuando el proceso llega a un valor predeterminado. Es un instrumento todonada. Los instrumentos más habituales son los presostatos (presión), termostatos (temperatura), interruptores de nivel, flujostatos (caudal), etc. (BOLTON.W,2010).

Convertidores. Son aquellos instrumentos que reciben un tipo de señal de un instrumento y la modifican a otro tipo de señal. Pueden ser convertidores de señal neumática a electrónica, de mV a mA, de señal continua a tipo contacto, etc. Se usan habitualmente por necesidades de los sistemas de control de homogeneización. (BOLTON.W,2010).

Receptores. Reciben las señales procedentes de los transmisores y las indican o registran. (BOLTON.W,2010).

Controladores. Comparan la variable controlada (presión, nivel, temperatura) con un valor deseado y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación. (BOLTON.W,2010).

Elemento final de control. Recibe la señal del controlador y modifica las acciones de control. Son aquellos instrumentos que reciben un tipo de señal procedente de un controlador y modifica el caudal del fluido o agente de control. Los más habituales son las válvulas de control, servomotor o variador de frecuencia. (BOLTON.W, 2010).

Los instrumentos se clasificarán de acuerdo con la variable de proceso medida por el sistema del que forma parte. Los instrumentos se dividirán pues en instrumentos de caudal, nivel, presión, temperatura, humedad, viscosidad, etc. Cabe decir que si tenemos un sistema de medición de presión que da una respuesta en forma de corriente los instrumentos del mismo serán de presión. (BOLTON.W, 2010).

2.4.1.3 AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS.

Para la automatización de procesos, se desarrollaron máquinas operadas con Controles Programables (PLC), actualmente de gran ampliación en industrias como la textil y la alimentación. (Valentina, 1998).

Para la información de las etapas de diseño y control de la producción se desarrollaron programas de computación para el dibujo (CAD), para el diseño (CADICAE), para la manufactura CAM, para el manejo de proyectos, para la planeación de requerimientos, para la programación de la producción, para el control de calidad, etc. (Valentina, 1998).

La inserción de tecnologías de la información producción industrial de los países desarrollados ha conocido un ritmo de crecimiento cada vez más elevado en los últimos años. Por ejemplo, la Información amplia enormemente la capacidad de controlar la producción con máquinas de control computarizado y permite avanzar hacia mayores y más complejos sistemas de automatización, unas de cuyas expresiones más sofisticadas y más ahorradoras de trabajo humano directo son los robots, los sistemas flexibles de producción y los sistemas de automatización integrada de la producción (computer integrad manufacturing CIM). (Valentina, 1998).

a) Grado de automatización

Según la importancia de la automatización, se distinguen los siguientes grados: Aplicaciones en pequeña escala como mejorar el funcionamiento de una máquina en orden a: (Valentina, 1998).

Mayor utilización de una máquina, mejorando del sistema de alimentación. (Valentina, 1998)

Posibilidad de que un hombre trabaje con más de una máquina. (Valentina, 1998).

Coordinar o controlar una serie de operaciones y una serie de magnitudes simultáneamente. (Valentina, 1998).

Realizar procesos totalmente continuos por medio de secuencias programadas. Procesos automáticos en cadena errada con posibilidad de autocontrol y autocorrección de desviaciones. (Valentina, 1998).

b) Área de estudio de la automatización.

La flexibilidad de las máquinas permite su fácil adaptación tanto a una producción individualizadas y diferenciada en le misma línea de producción, como mi cambio total de la producción. Esto posibilite una adecuación flexible a las diversas demandas del mercado. (Valentina, 1998)

La automatización en los procesos Industriales, se basa en la capacidad para controlar la información necesaria en el proceso productivo, mediante mecanismos de medición y evaluación de las normas de producción. (Valentina, 1998).

2.4.2 DISEÑO MECÁNICO

En ingeniería el diseño mecánico es resultado de investigaciones sobre el límite de fluencia de los materiales, valor de esfuerzo aplicado en el que el material comienza a deformarse permanentemente, adquiriendo propiedades diferentes a las que tenía. (Sighley, 1985).

Para lograr un diseño adecuado, se debe llegar a un cociente límite de fluencia / fuerza aplicada (en la manera más sencilla de presentarlo) mayor a la unidad. (Sighley, 1985).

El proceso de diseño inicia con la identificación de la necesidad, para luego plantear el problema concreto, también se realiza de manera interactiva el análisis y síntesis hasta concluir con el diseño final. El diseño mecánico es el diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánica; piezas, estructuras, mecanismos, máquinas y dispositivos e instrumentos diversos. (Sighley, 1985).

2.4.2.1 DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA

El diseño mecánico es el diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánica; piezas, estructuras, mecanismos, máquinas y dispositivos e instrumentos diversos. En su mayor parte, el diseño mecánico hace uso de la matemática, las ciencias de uso materiales y las ciencias mecánicas aplicadas a la ingeniería. (Sighley, 1985).

El diseño de ingeniería mecánica incluye el diseño mecánico, pero es un estudio de mayor amplitud que abarca todas las disciplinas de la ingeniería mecánica, incluso las ciencias térmicas y de los fluidos. A parte de las ciencias fundamentales se requieren, las bases del diseño de ingeniería mecánica son las mismas que las del diseño mecánico y, por, consiguiente, éste es el enfoque que se utilizará en el presente texto. (Sighley, 1985).

2.4.2.2 CONSIDERACIONES O FACTORES DE DISEÑO.

A veces, la resistencia de un elemento es muy importante para determinar la configuración geométrica y las dimensiones que tendrá dicho elemento, en tal caso se dice que la resistencia es un factor importante de diseño. (Sighley, 1985).

La expresión factor de diseño significa alguna característica o consideración que influye en el diseño de algún elemento o, quizá, en todo el sistema. Por lo general se tiene que tomar en cuenta varios de esos factores en un caso de diseño determinado. En ocasiones, alguno de esos factores será crítico y, si se satisfacen sus condiciones, ya no será necesario considerar los demás. Por ejemplo, suelen tenerse en cuenta los factores siguientes: (Sighley, 1985).

- Resistencia
- Confiabilidad
- Condiciones térmicas
- Corrosión
- Desgaste

- Fricción o rozamiento
- Procesamiento
- Utilidad
- Costo
- Seguridad
- Peso
- Ruido
- Estilización
- Tamaño
- Flexibilidad
- Control
- Rigidez
- Acabado de superficies
- Lubricación
- Mantenimiento
- Volumen

Algunos de estos factores se refieren directamente a las dimensiones, al material, al procesamiento o procesos de fabricación o bien, a la unión o ensamble de los elementos del sistema.

2.4.3 SISTEMAS TERMICOS

2.4.3.1 MÁQUINAS TÉRMICAS POR ENCOJIMIENTO.

Las máquinas térmicas funcionan cíclicamente y realizan la conversión de energía por medio de un fluido de trabajo que a su vez puede sufrir una evolución cíclica (como en las centrales nucleares y solares, frigoríficos y bombas) o no (como es el caso más general de motores de combustión). Incluso en este último caso, donde en cada ciclo de la máquina entran unas sustancias frescas (combustible más comburente) y salen unas sustancias quemadas, es conveniente estudiar el modelo llamado de "aire

estándar" en el cual se supone que el fluido de trabajo es aire puro, no cambia de composición, recibe calor de un foco exterior en la zona de combustión, cede calor al ambiente a la salida y vuelve a la entrada, evolucionando cíclicamente. (Lewis, 1.961).

No se va a considerar aquí el diseño mecánico de las máquinas térmicas, el sistema de renovación de la carga, el sistema de lubricación, el de inyección y el de encendido (si los hubiera), ni la regulación, control y actuaciones en régimen o fuera de él, sino exclusivamente los aspectos termodinámicos de las máquinas térmicas, y aun éstos con una gran idealización que se contemplan los procesos reales de combustión. (Lewis, 1.961).

Además, en primera aproximación se suele considerar que la evolución del fluido de trabajo es sin degradación de energía (en particular, sin fricción) y, lo que es más exagerado, que la transmisión de calor entre el fluido de trabajo y las fuentes y sumideros exteriores apenas requiere salto de temperaturas para realizarse. Como esta última simplificación es demasiado drástica, casi siempre se suele incluir en el modelo de estudio de las máquinas térmicas un salto finito de temperaturas a través de los cambiadores de calor entre los focos y el fluido de trabajo. (Lewis, 1.961).

2.4.3.2 MÁQUINA DE EMPAQUE DE ENCOGIMIENTO TÉRMICO

Esta Máquina de Empaquetado por Encogimiento Térmico figura 2.2, a veces también se conoce como la máquina de embalaje de película PE, se suele utilizar en el empaque de alimentos, bebidas, dulces, papelería, herramientas de hardware, de uso diario, Productos químicos, entre otros. (DURAN.María, 2006).

Esta Máquina de Empaquetado por Encogimiento Térmico emplea radiación infrarroja lejana para calentar directamente la película PE retráctil con el fin de obtener efectos perfectos de embalaje. El regulador de voltaje de estado sólido se utiliza para controlar la temperatura, que es bastante estable y fiable. (DURAN.María, 2006).

Parámetros Técnicos:

1. Dimensiones generales (longitud x anchura x altura): 1000 × 1200 × 1800 mm
2. Peso: 500 Kg.
3. Longitud de la cinta transportadora: 2 metros.
4. Diámetros de las botellas adecuadas: 25-125 mm.
5. Altura de la botella: 15-320 mm.
6. Velocidad: 200 botellas por minuto.
7. Formas adecuadas de botella: redondos, cuadrados, rectangulares, elípticas,
8. Longitud de la etiqueta: 35-200 mm.
9. Espesor de la etiqueta: 0.035-0.08 mm.
10. Diámetro interior del rollo de papel: 3-10 mm.
11. Voltaje y corriente: 380V AC 3, 2KW.
12. Película adecuada contracción: PE, PVC, POF.
13. Peso: 300 kg.
14. Capacidad de carga: 50 kg.



Figura 2.2: Máquina de empaque película PE

Fuente: (DURAN.María, 2006)

2.4.3.3 MÁQUINA DE EMPAQUETADO POR ENCOGIMIENTO TÉRMICO DE VAPOR.

Esta máquina de empaquetado por encogimiento térmico se utiliza para reducir la generación de vapor por medio del calentamiento eléctrico. (DURAN.María, 2006).

En conjunto con el tanque de calentamiento de agua, su tubería de agua puede alimentar con agua de forma automática. Después de que el tanque está lleno de agua, los usuarios pueden activar el interruptor de encendido, y luego de unos 20 minutos más tarde, un poco de agua en la máquina de empaquetado por encogimiento térmico se convierte en vapor. (DURAN.María, 2006).

Tabla 2-1 : Modelo ejemplo de máquina de vapor

| Modelo | RSS |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Forma de botella aplicable | Φ270x490 |
| Facilidad de producción | 100-600 BPH |
| Modo de trabajo | Encogimiento térmico por vapor |
| Método Calefacción | Calefacción eléctrica |
| Dimensión de la forma exterior | 39 mm. |
| Peso | 100 kg |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

2.4.4 SISTEMAS DE EMPACADO DE BOTELLAS

Los sistemas de empaque hacen parte fundamental de la cadena de suministro, ya que de su pleno conocimiento dependerá el éxito del comerciante que quiera abrir nuevos mercados para sus productos. La normatividad internacional, las técnicas, la importancia de la imagen del producto, su manejo desde la fábrica, hasta las manos del comprador. Es un proceso interesante y determinante a nivel comercial. (DURAN.María, 2006).

El empaque, envase o embalaje son elementos intrínsecamente ligados a la manipulación, conservación y transporte de productos. Se definen como todo recubrimiento de estructura flexible o sólida que contiene o agrupa determinados artículos. Dentro de la cadena de suministro la relevancia del empaque respalda la autenticidad, calidad y desde luego la comercialización del producto. Los productos y sus sistemas de empaque se clasifican como: Alimentos, farmacéuticos, peligrosos e industriales. (DURAN.María, 2006).

Desde su forma natural, diseño de fábrica o estado original, hasta su destino final, los productos precisan de ciertos niveles de tratamiento, que hacen necesario el uso de distintos materiales, técnicas y normas, que aseguren su adecuada transición a los diferentes destinos dentro del mercado nacional e internacional. Bajo los estándares de normatividad internacional los sistemas de empaque se determinan en tres niveles característicos principales. (DURAN.María, 2006).

2.4.4.1 EMPAQUE PRIMARIO, SECUNDARIO Y TERCIARIO.

➤ EMPAQUE O ENVASE PRIMARIO

Es todo aquel que contiene al producto en su presentación individual básica dispuesto para la venta de primera mano. A este grupo pertenecen las bolsas plásticas, botellas, sistema tetra-brick, enlatados y frascos entre otros. (Cartilla, 2003).

El empaque debe contener datos fundamentales en los que se incluyen el nombre del producto, marca, peso, variedad, productor y país de origen. Asimismo, los productos perecederos deben incluir la fecha de producción y la de vencimiento. (Cartilla, 2003).

Algunos productos advierten acerca de su grado de toxicidad, forma de manipulación y condiciones de almacenamiento. (Cartilla, 2003).

Los productos de calidad, elaborados bajo normas industriales aplicadas, poseen un UPC, sigla en inglés de Universal Product Code o Código Universal de Productos. En el medio es conocido como el Código de Barras, que se traduce en una serie de dígitos que presentan información acerca del productor y del producto como tal. El código facilita el control rápido de inventarios y costos. (Cartilla, 2003).

EL SISTEMA DE EMPAQUE E IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO.

Un sistema de empaque de primer nivel bien pensado cumple una función comercial definitiva, ya que gracias a él se puede motivar al comprador al indicarle las fortalezas y beneficios del producto. (Cartilla, 2003).

➤ EMPAQUE SECUNDARIO

Es un complemento externo que agrupa varias muestras de empaques primarios, su función es resguardarlo en cantidades que simplifiquen su distribución, almacenamiento e inventario. Dentro del segundo nivel se encuentran las cajas de cartón, guacales (jaulas), canastas, bandejas y cajas agujereadas (lugs), entre otros. Éstas deben contener ordenadamente las unidades, el recipiente debe ajustarse al producto aprovechando sus dimensiones al máximo. (Cartilla, 2003).

Las cajas deben ir debidamente marcadas indicando la cantidad de unidades, su resistencia máxima al momento de apilarlas, la marca del producto y sus características básicas. En el caso de productos de difícil maniobrabilidad o grado significativo de fragilidad, la caja debe presentar la respectiva advertencia. En este punto del proceso, se debe tener en cuenta que de la calidad de los materiales empleados, dependerá la buena presentación del producto. (Cartilla, 2003).

➤ **EMPAQUE TERCIARIO DE EMBALAJE O TRANSPORTE.**

El embalaje se utiliza con el fin de integrar cantidades uniformes del producto, ya dispuesto bajo las normas del empaque secundario. Los materiales se seleccionan de acuerdo a las disposiciones del producto; sin omitir, costos, especificaciones del comprador, estándares internacionales, resistencia, fletes y entorno ambiental. Entre los empaques más utilizados se encuentran las tolvas, guacales alambrados o clavados, tarimas, canastas y contenedores entre otros. (Cartilla, 2003).

La agrupación de los productos dentro de sus respectivos sistemas de empaque y/o embalaje, debidamente asegurados y montados sobre la estiba, se conoce con el nombre de paletización. De la misma forma, la agrupación de pallets o contenedores se denomina unitarización. Dentro de los grandes contenedores de embarque se agregan divisores o tabiques de cartón o plástico, con el fin de dividir y asegurar la mercancía. La carga es provista previamente de refuerzos a los costados y en los extremos para aumentar su resistencia a la compresión. (Cartilla, 2003).

Aplicando los estándares en el manejo de carga internacional se recomienda el uso de palets con dimensiones de 1200 x 1000 milímetros y no más de 5 módulos, según el estándar norteamericano. (Cartilla, 2003).

Para el estándar europeo los palets son de 800 x 1200 milímetros y no más de 4 módulos. Para el transporte de carga marítima se recomienda el uso de palets de 1200 x 1000. (Cartilla, 2003).

Según (Cartilla, 2003) manifiesta que el embalaje debe adecuarse a las actividades de manejo que vaya a sufrir el producto hasta su destino y por ello debe pensarse siempre en:

- Términos de recorrido total del transporte en que se vaya a realizar.
- El apilamiento al que deberá estar sometido en camiones, bodegas o almacenes.

- La manera en que será cargado, descargado y manipulado (ganchos, atarrayas, plataformas, montacargas, grúas, altura desde que será soltado al terminal o al lugar de estiba).
- Los climas de condiciones de humedad a los que será sometido, tanto en el país de destino como en el de utilización, y lluvias que deberá soportar.
- Las revisiones aduaneras (con las consiguientes aperturas y cierres del embalaje) a los que se verá sometido.
- Las posiciones en las que podrá manipularse y estibarse.
- Los almacenes en los que se ubicará.
- Los países de transbordo y destino (para el idioma de las marcas).
- Los medios de transporte que se van a utilizar (vía aérea precisa de embalajes más livianos).
- La importancia con los aranceles aduaneros.

El análisis de estos factores y la propia naturaleza del producto deben llevar a decidir en cada caso cuál es el tipo de embalaje y el material a utilizar que resulte más adecuado. El consejo de un embalador o de una empresa especializada en la manipulación de mercaderías, puede ser importante. (Cartilla, 2003).

El embalaje es esencial para el comercio. Conserva y protege los bienes, facilita su transporte y almacenamiento e informa al consumidor. También puede ayudar a prevenir el robo. (Cartilla, 2003).

Para cumplir estas funciones, el embalaje debe satisfacer tres requisitos: ser resistente, proteger y conservar el producto, y demostrarlo para promover las ventas. (Cartilla, 2003).

2.4.4.2 TERMOPLÁSTICOS.

Los termoplásticos al ser calentados aumentan la energía de sus moléculas y se reducen las fuerzas de atracción entre ellas, de esta forma se vuelve más deformable o plástico. Una vez enfriados recuperan sus propiedades mecánicas algunos tipos de termoplásticos

Los más usados son: (Álvarez D. 2011).

Películas polietileno.-Por su naturaleza requiere más temperatura que el PVC u otros materiales, por lo que las resistencias deben estar preparadas para alcanzar rangos de temperatura entre los 200 a 250 °C en una cabina de largo de entre 90 y 120 cm. dando tiempos promedio de 8 a 12 segundos. (Álvarez D. 2011).

Las propiedades del polietileno están en la tabla 2.2.

Tabla 2-2: Propiedades del Polietileno

| PROPIEDAD | UNIDAD | NORMA | POLIETILENO (PE) |
|---|-------------------|------------|------------------|
| Alargamiento a la rotura | % | DIN 53455 | 800 |
| Conductividad térmica | W/Km | DIN 52612 | 0,43 |
| Coefficiente de dilatación térmica de 20°C a 50°C | m/m K | | 200-10-6 |
| Coefficiente de Fricción | | | 0,2 |
| Densidad | g/cm ³ | DIN 53479 | 0,95 |
| Dureza a la bola | N/mm ² | DIN 53456 | |
| Dureza "Shore" | | DIN 53505 | D65 |
| Módulo de elasticidad | N/mm ² | DIN 53457 | 900 |
| Punto de fusión | °C | ASTM D789 | 138 |
| Resistencia Superficial | | DIN 53482 | 1·1013 |
| Resistencia al impacto | KJ/m ² | DIN 53453 | No es trenca |
| Resistencia a la tracción | N/mm ² | DIN 53455 | 28 |
| Temperatura máxima de uso | °C | NORMAL | 80 |
| | °C | CON PUNTAS | 110 |
| Temperatura mínima de uso | °C | | -100 |

Fuente: (Álvarez D, 2011)

El polipropileno (PP): Los materiales fabricados más destacados de este plástico son: envases de alimentos, artículos de bazar y menaje, bolsas de uso agrícola y cereales, tuberías de agua caliente, films para protección de alimentos.

Sus propiedades más características son: (Álvarez D, 2011).

- Excelente comportamiento bajo tensiones y estiramientos.

- Resistencia mecánica.
- Elevada flexibilidad.
- Buenas propiedades químicas y de impermeabilidad.
- Aprobado para aplicaciones con agua potable.
- No afecta al medio ambiente.

El poliestireno (PS): Los materiales que se fabrican con este plástico son: envases de alimentos congelados, aislante para heladeras, juguetes, rellenos, etc. (Álvarez D, 2011). Sus propiedades más características son:

- Termoplástico ideal para la elaboración de cualquier tipo de pieza o envase
- Higiénico y económico.
- Cumple la reglamentación técnico - sanitaria española.
- Fácil de serigrafiar.
- Fácil de manipular.
- Se puede taladrar.
- Se puede perforar.

El policloruro de vinilo (PVC): Es un polímero termoplástico de gran versatilidad y es uno de los materiales plásticos más importantes. (Álvarez D, 2011).

La contracción de la película de PVC, a diferencia de otros plásticos, como el polietileno (PE), se logra a temperaturas desde 80 °C, característica importante para productos sensibles al calor. En general la exposición del paquete al flujo térmico es solo de 5 a 8 segundos, por lo que es posible aplicarlos en embases de polietileno de alta densidad, polipropileno y otros, sin que sufran deformación ni afecten el contenido (producto). El principal uso de las películas de PVC es el empaque de productos. Las misiones de esta envoltura son: (Álvarez D, 2011).

Las películas de PVC resultan adecuadas para la mayoría de los empaques. El empleo de empaques encogibles es siempre oportuno cuando se trata de envolver mercancías de forma irregular. (Álvarez D, 2011).

Existen equipos manuales y automáticos. La mayoría de los equipos de encogimiento funcionan con aire caliente (80 a 200 °C) y casi siempre son preferibles bajas temperaturas de encogimiento pues se requieren equipos más sencillos, existe un ahorro de energía. (Álvarez D, 2011).

Tabla 2-3: Propiedades térmicas del PVC

| <i>Propiedades Térmicas</i> | |
|---|-----------|
| Calor Específico (J K ⁻¹ kg ⁻¹) | 1000-1500 |
| Coefficiente de Expansión Térmica (x10 ⁻⁶ K ⁻¹) | 75-100 |
| Conductividad Térmica a 23C (W m ⁻¹ K ⁻¹) | 0,12-0,25 |
| Temperatura Máxima de Utilización (C) | 50-75 |
| Temperatura Mínima de Utilización (C) | -30 |
| Temperatura de Deflación en Caliente - 0.45MPa (C) | 70 |
| Temperatura de Deflación en Caliente - 1.8MPa (C) | 67 |

Fuente: (Álvarez D, 2011)

Tabla 2-4: Propiedades físicas del PVC

| | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| Densidad | 1,37 a 1,42 Kg/dm. ³ |
| Coefficiente de dilatación lineal | 0,000.060 a 0.000.080 m/°C/m. |
| Temperatura de ablandamiento | > 80 °C. |
| Módulo de elasticidad a 20° C | > 28.000 Kg./cm. ² |
| Tensión de rotura a tracción | > 500 Kg./cm. ² |

Fuente: (Álvarez D, 2011).

2.4.4.3 PELÍCULAS ENCOGIBLES

Los materiales con memoria termoplástica que tienden a contraerse al aplicárseles calor son la base del método de embalaje incogible. De todos los posibles materiales, las

películas encogibles de poliolefina y de PVC son las que han adquirido mayor importancia práctica. Las propiedades de contracción de los diferentes termoplásticos son distintas y dependen del rango de temperatura de reblandecimiento o endurecimiento del plástico y pueden ajustarse a una capacidad de contracción previamente determinable con exactitud. Las películas encogibles al contraerse pueden lograr un empaque sin arrugas ajustado a la forma y al tamaño del producto que cubren. (Cartilla, 2003)

El porcentaje de encogimiento aumenta con la temperatura de encogimiento y puede ser controlado teóricamente por este método, pero es muy difícil en la práctica con la mayoría de las técnicas de encogimiento ya que el porcentaje de encogimiento final es determinado por el objeto que se empaqueta. Sin embargo la medida de esta propiedad da una idea de la cantidad de retracción que puede lograr la película. Se pueden fabricar con encogimientos diferentes tanto en la dirección longitudinal (dirección máquina D/M) como en la transversal del rollo (D/T), pero lo más usual es que tenga un encogimiento equilibrado en ambas direcciones. La tensión de encogimiento es la fuerza que la película ejerce cuando es liberada por el encogimiento a elevada temperatura y puede ser influenciado por las propiedades del polímero y el método de manufactura. Tensiones entre 50 y 150 psi son deseables para proveer un empaque apretado después del encogimiento y mayores cuando se requiere que la película sea parte estructural del empaque, aunque hay que tener cuidado con el control de la temperatura y el tiempo para prevenir ruptura o distorsiones. (Cartilla, 2003).

Las películas de PVC resultan adecuadas para la mayoría de los empaques. El empleo de empaques incogibles es siempre oportuno cuando se trata de envolver mercancías de forma irregular. El proceso es también adecuado en los casos en que se trata de embalar mercancías con diversas dimensiones y formatos en sucesión irregular. Finalmente se emplea también para unir paquetes sueltos en paquetes colectivos. Aunque habrán de tolerarse los cordones de soldadura y algunas arrugas producidas en las esquinas. Existen equipos manuales y automáticos. La mayoría de los equipos de

encogimiento funcionan con aire caliente (80 a 200 °C) y casi siempre son preferibles bajas temperaturas de encogimiento pues se requieren equipos más sencillos, existe un ahorro de energía y se permite el empaque de productos sensitivos al calor. (Cartilla, 2003).

2.4.5 PROCESOS DE PRODUCCIÓN

a) ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

Son aquellas que durante las cuales sucede efectivamente algo al material u objeto del estudio, es decir, se lo trabaja, se lo traslada o se lo examina. A su vez, estas pueden ser: (DURÁN, 2007).

Preparatorias: las necesarias para disponer la tarea o material dejándolo listo y en posición para el trabajo. Son los transportes e inspecciones. (DURÁN, 2007).

Activas: las que modifican la forma, composición química o condición física de los materiales, o permiten el avance de un servicio. Son las operaciones. (DURÁN, 2007).

De salida: por ejemplo, sacar el material de la máquina o lugar de trabajo, abandonar un área de servicio. Estas actividades de salida de una operación, son las preparatorias de la acción siguiente. Son los transportes e inspecciones. (DURÁN, 2007).

b) ACTIVIDADES NO PRODUCTIVAS:

Son a aquellas en las que no se toca directamente el material, o no se hace ningún trabajo. Las demoras y los almacenamientos están incluidos en este grupo.

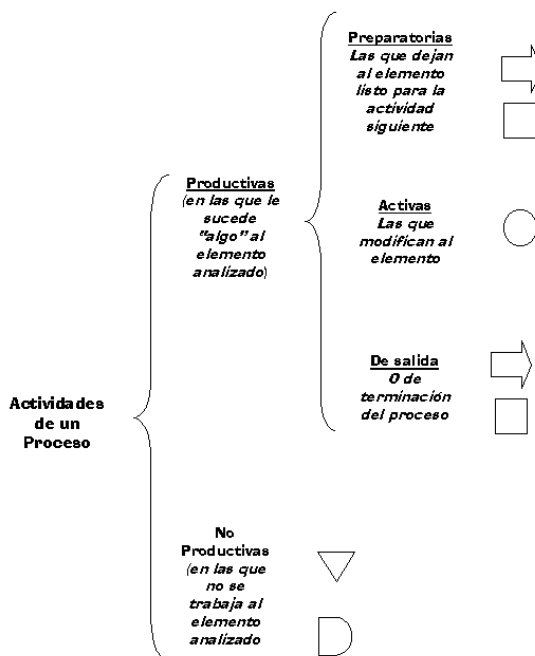


Figura 2.3: Actividad del Procesos

Fuente: DURÁN, Freddy Alonso (2007). Ingeniería de Métodos

2.4.5.1 ELEMENTOS DE UN PROCESO

Operación: Es aquella actividad que ocurre en una máquina o lugar de trabajo, durante la cual se altera una o varias de las características físicas o químicas de un objeto, o el estado de desarrollo de un servicio. (GONZALES, 2004)

Transporte: Se denomina así a aquellas actividades que involucran movimientos de materiales u objetos de un lugar a otro; o a la simple manipulación de papeles, de materiales o de personas en el lugar de trabajo, sin contribuir a la evolución o terminación del servicio a proporcionarse. Se excluyen a los que forman parte de una operación o de una inspección. Los transportes ordinariamente ocurren entre dos operaciones, entre inspecciones, almacenamientos y demoras. (GONZALES, 2004).

Inspección: Es la comparación de las características de un objeto o de un servicio con respecto a un standard de calidad o de cantidad. Hay inspección cuando verificamos el

peso de salida de los sacos de cemento, cuando comprobamos el estado final de un producto terminado, evaluar a un paciente, etc. (GONZALES, 2004).

Demora: También conocida como espera o retardo, ocurre cuando al terminar una actividad cualquiera, la siguiente, pudiéndose, no se la realiza de inmediato, y el sujeto de la transformación es detenido en su avance. A estas actividades se las denomina también almacenamiento temporal. (GONZALES, 2004).

Almacenamiento: Ocurre cuando el material es retenido en un estado y en un lugar, y del cual, para moverlo, se requiere de una orden u autorización. Se diferencia de la demora en que, para mover un material en espera, no se requiere de autorización alguna.

Actividades Combinadas: Cuando se desee calificar actividades cuya ejecución sea simultánea, se utilizan combinadamente los símbolos necesarios. La siguiente es la representación de una operación e inspección simultánea. (GONZALES, 2004).

2.4.5.2 FACTORES DE PRODUCCIÓN.

Son todos los elementos que intervienen en el proceso de producción, identificando a ellos como los cuales mantienen el funcionamiento adecuando del circuito social y económico de un lugar. (GONZALES, 2004).

Tanto las empresas, como los individuos particulares, que se hallan en condición de productores, requieren de factores productivos para la obtención de sus bienes o servicios. Además, la oferta y la demanda de estos factores, regula el precio de los mismos. (GONZALES, 2004).

Para que una empresa logre sus objetivos tiene que conseguir la mejor combinación de los factores de producción disponibles. Esta combinación variará a lo largo del tiempo y dependerá de la necesidad decrecimiento, de la disponibilidad de mano de obra

cualificada y de la experiencia de los gestores, de las nuevas tecnologías y de los precios de mercado de los distintos factores de producción. (GONZALES, 2004).

2.4.6 MEJORAMIENTO DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN

2.4.6.1 TIEMPOS DE ALMACENAMIENTO.

Es la aplicación de técnicas para determinar el contenido de trabajo de una tarea definida, fijando el tiempo requerido por un trabajador calificado para ejecutarla con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida. (Niebel, 1979).

Los tiempos de entrega se definen de acuerdo a la zona de almacenamiento y a los tiempos de almacenamiento propios del producto. (Niebel, 1979).

2.4.6.2 ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido. (Niebel, 1979),

2.5 HIPÓTESIS

Un sistema adecuado de empaquetamiento de botellas permitirá mejorar los tiempos de almacenamiento del producto en el proceso de embotellamiento en el Laboratorio de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

2.5.1 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

2.5.1.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Sistema de empaquetamiento de botellas.

2.5.1.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Mejoramiento de los tiempos de almacenamiento.

2.5.1.3 TÉRMINO DE RELACIÓN

Permitirá

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

En este proceso se realizó la investigación con predominio de enfoque de variables cuantitativas, ya que mediante esta variable se permitió la contabilización de los elementos que constituyen la máquina empacadora de botellas.

En la investigación cualitativa se analizó y se realizó una interpretación minuciosa de los datos obtenidos en base a los resultados del sistema de empaquetamiento y así buscaremos las causas y consecuencias del problema.

En este estudio se realizó la utilización de variables continuas en todo lo que se refiere a datos obtenidos en números enteros.

3.2 MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó según las siguientes modalidades:

➤ BIBLIOGRÁFICA

Para conocer las diversas teorías, parámetros de investigación acerca del tema basándose en documentos de varios autores de diversas fuentes.

➤ **EXPERIMENTAL.**

En la investigación se tiene como finalidad dar una solución al problema con la cual podremos evaluar si los parámetros evaluados en la investigación se cumplen en la práctica.

➤ **DE CAMPO**

Se efectuaron las prácticas de laboratorio para manejar las variables dependientes para obtener los resultados requeridos.

3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para la investigación se utilizó los siguientes tipos:

La Investigación será de tipo Aplicada ya que se origina de un problema y pretende solucionar o aportar positivamente para su solución.

La investigación será de tipo exploratoria ya que hay que topar varios puntos como es los tiempos de almacenamiento del proceso de embotellamiento, y la necesidad de ahorrar recursos económicos, para tener una idea clara de los requerimientos del Laboratorio de Automatización y Control y así evaluar las variables a estudiar en el momento de realizar la investigación en el Laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

La investigación será de tipo explicativo ya que se requiere de un análisis del sistema de empaquetamiento de botellas para tener una buena producción en el proceso de embotellamiento en el laboratorio de automatización y control para lo cual hay que identificar los problemas teniendo en cuenta las causas de los mismos y las consecuencias.

La investigación será también de tipo descriptiva ya que es necesario detallar el proceso actual de embotellamiento explicando las características de cada uno de estos en el que se incluye los tiempos empleados en cada proceso y las operaciones innecesarias, para encontrar una solución práctica al problema existente.

La investigación es de tipo Ideográfica ya que no busca establecer leyes generales ni ampliar el conocimiento teórico.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 POBLACIÓN

En este proyecto de investigación se utilizó un monitor de observación en el cuál se tomó datos de los movimientos, dimensiones de las botellas a ser empacadas, características del material con el cual se va empacar, temperaturas a las que van a estar sometidas las botellas y tiempos de empacado dentro del prototipo de empaquetamiento que se implementara en el laboratorio de automatización y control de la Facultad de Ingeniería Civil Mecánica.

3.4.2 MUESTRA

Mediante una guía de observación se tomara en cuenta el tiempo aproximado para empacar nueve botellas con la ayuda de la ponderación de los tipos de máquinas y tipos de plásticos a utilizar en las cuales se analizara sus parámetros de funcionamiento en el prototipo de empacado a diseñar para él laboratorio.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

V.I.: Sistemas de empaqueo de botellas.

Tabla 3-1: variable Independiente

| CONCEPTUALIZACIÓN | DIMENSIONES | INDICADORES | ITEMS | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS |
|---|--|--|---|--|
| Es el recubrimiento de un producto con una estructura flexible o sólida que contiene o agrupa determinados artículos por medio de la aplicación de calor. | Recubrimiento con una estructura flexible Aplicación de calor | -Cantidad de botellas -Velocidad de producción -Sistemas térmicos -Método para el sellado -Material plástico | ¿Qué cantidad de botellas serán las adecuadas para el proceso de empaquetamiento? ¿Qué velocidad deberá tener la máquina para un adecuado proceso de producción? ¿Cuál es el sistema térmico que se tomará en el proceso de empaquetado? ¿Qué método será el adecuado para el sellado de botellas por encogimiento térmico? ¿Qué material plástico será el adecuado para un empaquetamiento de calidad? | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Observación ▪ Fichas de registro ▪ Investigación de campo ▪ Documentación Bibliográfica ▪ Documentación Bibliográfica ▪ Ficha de observación y registro |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE.

V.D.: Tiempo de almacenamiento en el proceso de embotellamiento

Tabla 3-2: Variable Dependiente

| CONCEPTUALIZACIÓN | DIMENSIONES | INDICADORES | ITEMS | TÉCNICAS INSTRUMENTOS ^E |
|--|--|--|--|--|
| <p>Es la aplicación de líneas automatizadas para determinar el contenido de trabajo de una tarea definida, fijando el tiempo requerido por una máquina para ejecutarla con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida para el equipo.</p> | <p>Líneas automatizadas</p> <p>Rendimiento del prototipo</p> | <p>Tipos de automatización</p> <p>-Normas de rendimiento</p> | <p>¿Qué tipo de automatización garantiza una efectiva relación de un adecuado empaquetamiento?</p> <p>¿Qué normas de rendimiento se utilizarán para obtener un eficiente trabajo del prototipo de empaquetamiento?</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Investigación de campo ▪ Documentación bibliográfica ▪ Investigación de campo ▪ Investigación de laboratorio. |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La ejecución de los documentos se realizó mediante la aplicación de técnicas de investigación como:

Técnicas de observación directa

Fichas de campo

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.7.1 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el plan de procesamiento de la información vamos a seguir varios literales:

- Revisión crítica de la información recogida.

- Tabla de tabulación de datos, según las variables de la hipótesis: cuadros de una variable, cuadros con cruce de variables, etc.

- Porcentual, obteniendo los porcentajes con respecto al total con el resultado numérico y el porcentaje se estructura el cuadro de resultados que sirve de base para las gráficas.

- Representar los resultados mediante gráficos estadísticos de datos para la representación de resultados.

- Analizar e interpretar los resultados relacionándolas con las diferentes partes de la investigación, especialmente con los objetivos y el marco teórico.

3.7.2 PLAN DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El plan de análisis de resultados está basado en la información obtenida:

Determinación del porcentaje de botellas empacadas en el proceso de embotellamiento en el laboratorio de automatización y control en tiempos establecidos, en función de los resultados

de estudio del empacamiento de las botellas que se producen con estudios previos y marco teórico.

- Comprobación de la hipótesis.
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

En el presente capítulo se realizó un análisis de alternativas más factibles para obtener un sistema de empaquetado apropiado, el tipo de empaquetadora de botellas, y el tipo de material de empaque que se acople al proceso de embotellamiento.

Para la selección de la alternativa que mejor se ajuste al cumplimiento de las necesidades del proceso, se analizó la información de la investigación documental bibliográfica de libros catálogos páginas web y revistas técnicas relacionadas con el empaquetado; la cual nos orienta a analizar algunas alternativas y analizaremos las partes de cada una de ellas que se acoplen al prototipo de empaquetado.

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE EMBOTELLADO.

Para determinar las características y funciones de cada una de las máquinas que se encuentran inmersos en el proceso de embotellado se realizó una investigación de campo en el Laboratorio de Control, mediante el cual se lograron establecer tablas con las especificaciones de cada máquina para determinar las necesidades del proceso.

4.1.1 MÁQUINA DOSIFICADORA

En la Tabla 4.1 se indica las características del sistema de dosificación para líquidos utilizado en el proceso de embotellado.

Tabla 4-1: Características Máquina Dosificadora.

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Producción | 432 Botellas/Hora |
| Dimensiones | |
| Alto | 1500 mm |
| Ancho | 1192 mm |
| Profundidad | 1294 mm |
| Peso | 103,4 kg |
| Sistema de Presión | |
| Presión de Trabajo | 22 PSI - 30 PSI |
| Fluido de trabajo | Agua |
| Sistema de Posicionamiento | |
| Presión de Funcionamiento | 4 bar |
| Fluido de trabajo | Aire |
| Electroválvula | 2 Vías - 5 Posiciones |
| Sistema Eléctrico | |
| Alimentación eléctrica | 110 V |
| PLC FL-010 (19 Puntos) | 8 entradas/ 8 salidas |
| Fuente de Voltaje | 24 V (DC) |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

4.1.2 MÁQUINA TAPONADORA

En la Tabla 4.2 se indica las características de la máquina que realiza la operación de sellado de botellas en el proceso de embotellado.

Tabla 4-2: Características Máquina Taponadora

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| Producción | 1057 Botellas/Hora |
| Dimensiones | |
| Alto | 2000 mm |
| Ancho | 700 mm |
| Profundidad | 550 mm |
| Peso | 96,154 kg |
| Sistema Neumático | |
| Electroválvula | 2 Vías - 5 Posiciones |
| Unidad de mantenimiento | Presión máxima 1 Mpa |
| Cilindro Doble Efecto | Carrera: 100 mm, Diámetro: 26 mm |
| Sistema Eléctrico | |
| Motor monofásico | 1 HP |
| PLC FL-010 (19 Puntos) | 8 entradas/ 8 salidas |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

4.1.3 MÁQUINA ETIQUETADORA.

En la Tabla 4.3 se indica las características de la máquina etiquetadora.

Tabla 4-3: Características Máquina Etiquetadora

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | |
|---------------------------------|--------------------|
| Producción | 1220 Botellas/Hora |
| Dimensiones | |
| Alto | 1168 mm |
| Ancho | 1101 mm |

Continuación Tabla 4.3

| | |
|----------------------------------|-----------------------|
| Profundidad | 1386 mm |
| Peso | 73.948 kg |
| Sistema Eléctrico | |
| Motor Trifásico | 1/2 HP (1800 RPM) |
| PLC CP2MC | 6 Entradas/ 6 Salidas |
| Variador de Frecuencia Trifásico | 2 HP |
| Variador de Frecuencia Trifásico | 1 HP |
| Sensor Fotoeléctrico | E3JK (Luz Infrarroja) |
| Sensor Óptico | Luz (Blanco/negro) |
| Fuente de Voltaje | 24 voltios |
| Alimentación eléctrica | 220 V |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

4.2 CONFORMACIÓN DE ALTERNATIVAS

Con la investigación documental bibliográfica realizada a través de revistas técnicas, artículos sobre las máquinas que se utilizan para empacar botellas y que podrían ser de gran utilidad para la supervisión del proceso de embotellado del Laboratorio de Control.

La máquina empacadora de botellas seleccionada debe cubrir las necesidades del proceso de embotellamiento y el espacio disponible del Laboratorio de Automatización y control.

La cual es de suma importancia establecer parámetros de diseño como funcionales que a continuación se presentan:

43 MÁQUINAS EMPACADORAS

Alternativa 1: Máquina Empacadora Termoencogible.

Tabla 4-4: Máquina Empacadora Termoencogible

| Máquina Empacadora Termoencogible | |
|--|---|
| Características Técnicas | |
| ESTACIONES DE EMPACADO | Niquelinas, o resistencias eléctricas, sensor de temperatura que permite el rango máximo y mínimo de temperatura deseada. |
| SISTEMA TRANSPORTADOR | Banda transportadora |
| DIMENSIONES | Ancho de la máquina: 910 mm |
| | Largo de la máquina: 4.000 mm |
| | Alto de la máquina: 1.860 mm |
| MATERIALES DE SELLADO | Polietileno o PVC Termoencogible |
| VELOCIDAD DE EMPACADO | 15 a 20 paquetes por minute |
| VENTAJAS | Minimiza el desperdicio |
| | Los mandos electrónicos asegura consistencia en el funcionamiento |
| | Línea de sellado perfecta |
| | Ahorra espacio al empacar 4, 6, 8, 10 o 12 unidades |
| | No ocupa mucho espacio |
| DESVENTAJAS | Alto costo |
| | Puede averiarse al cabo de un tiempo |
| | Alto costo de mantenimiento |
| TENSIÓN REQUERIDA | 110 VAC 2 fases con neutro, 60 Hz. Consumo aprox. 500 W |

Fuente: Catálogos de la Empresa Ingemaq



Figura 4.1: Máquina empacadora Termoencogible

Fuente: (Niebel, 1979)

Alternativa 2: Máquina Empacadora al Vacío.

Tabla 4-5: Máquina Empacadora al Vacío

| Máquina Empacadora al Vacío | |
|------------------------------------|--|
| Características Técnicas | |
| ESTACIONES DE EMPACADO | Bomba de vacío que expulsa el aire fuera de la cámara |
| | Válvulas solenoides que regulan el paso del flujo de aire, desde y hacia la cámara y a las bolsas neumáticas. |
| | Bolsas neumáticas |
| | Filtros que reciben las partículas de polvo, suciedad y además condensan la humedad que puede llegar a la bomba. |
| | Vacuómetro que permite medir el vacío |
| DIMENSIONES | Ancho de la máquina: 490 mm |
| | Largo de la máquina: 540 mm |
| | Alto de la máquina: 510 mm |
| MATERIALES DE SELLADO | Bolsa neumática de PVC |

Continuación Tabla 4.5

| | |
|-----------------------|---|
| VELOCIDAD DE EMPACADO | 12 paquetes por minute |
| VENTAJAS | Evita desperdicios |
| | Puede ser utilizadas para empaacar partes electrónicas, artículos de ferretería, instrumentos médicos, medicinas, prendas de vestir, documentos, billetes, etc. |
| | Protege los productos del deterioro |
| DESVENTAJAS | Como principal desventaja está que se necesita de algún tipo de mecanismo para cortar la bolsa o de no ser así un operario tendrá que hacerlo, lo que conlleva a un mayor costo tanto en la construcción como en la manipulación. |
| TENSIÓN REQUERIDA | 220 VAC 2 fases con neutro, 60 Hz. Consumo aprox. 0,8 Kw. |

Fuente: Catálogos de la Empresa Ingemac



Figura 4.2: Empacadora al vacio

Fuente: (Niebel, 1979)

Alternativa 3: Máquina envoladora automática RTA.

Tabla 4-6: Máquina envoladora automática RTA

| |
|--|
| Máquina envoladora automática RTA |
| Características Técnicas |

Continuación Tabla 4.6

| | |
|------------------------|---|
| ESTACIONES DE EMPACADO | Sistema de pinza |
| | Film de polietileno extensible, Rodillos motorizados sobre la plataforma rotatoria |
| SISTEMA TRANSPORTADOR | No tiene Sistema |
| DIMENSIONES | Altura estándar mínima de transportadores es de 400 mm. |
| | Altura estándar máxima 2400 mm. |
| MATERIALES DE SELLADO | Polietileno |
| VELOCIDAD DE EMPACADO | 20 giro/min. Producción horaria 15/30 palet/hora (15 paquetes en 60 minutos) |
| VENTAJAS | Permite obtener un embalaje estable y compacto |
| | Velocidad variable subida/bajada espiral de envoltura con variador de frecuencia. |
| | Puede insertarse en líneas existentes y satisface la necesidad de empresas con producciones no muy elevadas |
| | Ahorran el consumo del film estirable. |
| DESVENTAJAS | Ofrece una estabilidad de carga muy pobre en comparación con un método de funda estirable |
| | Requiere un espacio grande para su funcionamiento. |
| TENSIÓN REQUERIDA | 400V+N+T |

Fuente: Catálogos de la Empresa Ingemaq



Figura 4.3: Máquina envoladora automática RTA.

Fuente: El Autor (Jácome, F)

4.3.1 TIPOS DE MATERIAL O PELÍCULA DE EMPACADO

Alternativa 1: Policloruro de Vinilo (PVC)

Tabla 4-7: Policloruro de Vinilo. (PVC).

| Policloruro de Vinilo (PVC) | |
|-----------------------------|---|
| Características Técnicas | |
| CARACTERÍSTICAS | Puede adquirir propiedades muy distintas. |
| | Es un material muy apreciado y utilizado. |
| | Tiene un bajo precio. |
| | Puede ser flexible o rígido. |
| | Puede ser transparente, translúcido u opaco |
| | Puede ser compacto o espumado. |
| | Resistencia al impacto. |
| APLICACIONES | <p>Construcción Tubos de agua potable y evacuación, ventanas, puertas, persianas, zócalos, pisos, paredes, láminas para impermeabilización (techos, suelos), canalización, etc.</p> <p>Packaging Botellas para agua y jugos, frascos y potes (alimentos, fármacos, cosmética, limpieza, etc.). Láminas o films (golosinas, alimentos). Blisters (fármacos, artículos varios).</p> <p>Mobiliario Muebles de jardín (reposeras, mesas, etc.); piezas para muebles (manijas, rieles, burletes, etc.); placas divisorias.</p> <p>Electricidad y Electronica Buenas propiedades eléctricas en un amplio rango de temperaturas. Excelente durabilidad y larga expectativa de vida (40 años o más). Carcazas y partes de computadoras.</p> <p>Tubos y bolsas para sangre y diálisis, catéteres, válvulas, delantales, botas, etc.</p> <p>Vestimenta y anexos Calzado</p> <p>Automotriz Cables eléctricos Perfiles para sello de ventanas Filtros para aire y aceite Selladores automotrices y arneses</p> |

Continuación Tabla 4.7

| | |
|-------------|---|
| VENTAJAS | Buenas propiedades eléctricas y de aislamiento sobre un amplio rango de temperaturas. |
| | Características de procesamiento fáciles para obtener las especificaciones deseadas del producto final. |
| | Resistencia al fuego, difícilmente se incendia, además si llegara a quemarse, se detendrá en el momento en que la fuente de calor sea removida. |
| | Las propiedades físicas del PVC permiten diseños de alto grado de libertad cuando se diseñan nuevos productos. |
| DESVANTAJAS | Cancerígeno, induce defectos de nacimiento, daños en los riñones y otros órganos, hemorragias internas y trombos. |
| | Altamente inflamable, puede explotar produciendo cloruro de hidrógeno y fosgeno. |
| | Carcinógeno humano probado (International Agency Research of Cancer de Lyon; Centro de Análisis y Programas Sanitarios de Barcelona). Causa angiosarcoma hepático |
| | Causa angiosarcoma hepático. |
| | Escasa resistencia a rayos UV y ozono a menos que esté especialmente formulado. |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Alternativa 2: Polietileno de Baja Densidad

Tabla4-8: Polietileno de Baja Densidad

| Polietileno de Baja Densidad | |
|-------------------------------------|---|
| Características Técnicas | |
| CARÁCTERISTICAS | Buena resistencia térmica y química. |
| | Buena resistencia al impacto. |
| | Es de color lechoso, puede llegar a ser transparente dependiendo de su espesor. |
| | Muy buena procesabilidad, es decir, se puede procesar por los métodos de conformados empleados para los termoplásticos, como inyección y extrusión. |
| | Es más flexible que el polietileno de alta densidad. |
| | Presenta dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre él. |
| | Densidad de 0.92 g/cc. |

Continuación Tabla 4.8

| | |
|--------------|--|
| APLICACIONES | Fabricación de juguetes. |
| | Producción de bolsas plásticas. |
| | Películas para invernaderos y usos agrícolas. |
| | Fabricación de utensilios desechables como platos, vasos y cubiertos. |
| | Botellas retornables. |
| | Recubrimiento y aislamiento de cables. |
| | Sacos de plástico. |
| | Película estirable para procesos de empaque y embalaje. |
| VENTAJAS | El polietileno de baja densidad es un polímero termoplástico, por lo que tiene un elevado potencial de reciclado. |
| | No es tóxico |
| | Es Flexible |
| | Es Liviano |
| | Es Impermeable, |
| | Es Transparente |
| DESVENTAJAS | Resistencia UV inferior de polietileno de alta densidad. Resistencia química inferior de polietileno de alta densidad. |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Alternativa 3: Polietileno de Alta Densidad

Tabla4-9: Polietileno de Alta Densidad

| Polietileno de alta densidad | |
|-------------------------------------|--|
| Características Técnicas | |
| CARACTERÍSTICAS | Alto costo. |
| | Alta resistencia química a los disolventes. |
| | Moldeo moderado. |
| | Fácil de colorear. |
| | Alta resistencia a la fractura por flexión o fatiga. |

Continuación Tabla 4.9

| | |
|---|---|
| CARÁCTERÍSTICAS | Buena resistencia al impacto superior a temperaturas superiores a los 50 ° C. |
| | Buena estabilidad térmica. |
| | Aumento de la sensibilidad a la luz UV y agentes oxidantes, sufriendo a la degradación más fácilmente. |
| | Boomerangs; |
| | Vasos de plástico; |
| | Los recipientes para alimentos, medicinas, productos químicos; |
| | Ropa y electrodomésticos; |
| | Fibras; |
| | Sacacorchos |
| | Alfombras; |
| | jeringa para inyección |
| | Prado sintético |
| | Bolsas y Bolsos |
| | Suministros para hospital esterilizados; |
| | Materiales de construcción hechos en autoclaves; |
| Piezas de automóviles (defensas, los pedales, las cubiertas de la batería, tapicería interior, lámparas, ventiladores, sopladores y otras varias piezas). | |
| Piezas para lavadoras. | |
| VENTAJAS | Utilizable en la industria alimentaria (es inodoro y no tóxico) |
| | Muy resistente a la fatiga y flexión. |
| | Muy denso. |
| | Químicamente inerte |
| | Esterilizable y reciclable. |
| | Es un excelente aislante eléctrico. |
| DESVENTAJAS | Es frágil a baja temperatura. |
| | Alto costo |
| | Sensible a los rayos UV. |
| | Menos resistente a la oxidación que el polietileno y difícil de pegar. |
| | La resistencia de polipropileno se puede mejorar mediante la mezcla con elastómeros EPR o EPDM. |
| | Su producción en masa es una fuente de impactos ambientales y el consumo de petróleo y las emisiones (retardantes de llama) puede hacer difícil o imposible reciclaje de manera rentable. |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Alternativa 4: Polipropileno

Tabla4-10: Polipropileno

| Poliprolileno | |
|---------------------------------|---|
| Características Técnicas | |
| CARÁCTERISTICAS | De bajo coste. |
| | Alta resistencia química a los disolventes. |
| | Fácil de moldeo. |
| | Fácil de colorear. |
| | Alta resistencia a la fractura por flexión o fatiga. |
| | Buena resistencia al impacto superior a temperaturas superiores a los 15 ° C. |
| | Buena estabilidad térmica. |
| APLICACIONES | Aumento de la sensibilidad a la luz UV y agentes oxidantes, sufriendo a la degradación más fácilmente. |
| | Juguetes; |
| | Boomerangs; |
| | Vasos de plástico; |
| | Los recipientes para alimentos, medicinas, productos químicos; |
| | Ropa y electrodomésticos; |
| | Fibras; |
| | Sacacorchos |
| | Alfombras; |
| | jeringa para inyección |
| | Prado sintético |
| | Bolsas y Bolsos |
| | Suministros para hospital esterilizados; |
| | Materiales de construcción hechos en autoclaves; |
| | Piezas de automóviles (defensas, los pedales, las cubiertas de la batería, tapicería interior, lámparas, ventiladores, sopladores y otras varias piezas). |
| Piezas para lavadoras. | |
| VENTAJAS | Es barato. |
| | Utilizable en la industria alimentaria (es inodoro y no tóxico) |
| | Muy resistente a la fatiga y flexión. |
| | Muy denso. |
| | Químicamente inerte |
| | Esterilizable y reciclable. |
| | Es un excelente aislante eléctrico. |

Continuación Tabla 4.10

| | |
|-------------|---|
| DESVENTAJAS | Es frágil a baja temperatura. |
| | Sensible a los rayos UV. |
| | Menos resistente a la oxidación que el polietileno y difícil de pegar. |
| | La resistencia de polipropileno se puede mejorar mediante la mezcla con elastómeros EPR o EPDM. |
| | Su producción en masa es una fuente de impactos ambientales y el consumo de petróleo y las emisión, retardantes de llama) puede hacer difícil o imposible reciclaje de manera rentable. |
| | El progreso de diseño ecológico en los plásticos podría facilitar la clasificación y reciclado de este material. |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

4.4 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MÁQUINA EMPACADORA Y TIPO DE PELÍCULA DE EMPACADO

4.4.1 SELECCIÓN DE LA MÁQUINA EMPACADORA

(RIBA R. CARLES 2002) señala que para el análisis y la selección del prototipo de empaado se utilizó los ponderados del método ordinal corregido de criterios ponderado.

Método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados

Con este método es posible encontrar una solución en base a tablas sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad, y sin estimar el peso de cada criterio numéricamente, el mismo que nos ayuda a obtener resultados significativos.

Para realizar las tablas se asignan la siguiente escala de valores.

Tabla 4-11: Valores designados para la tabulación de ponderados.

| |
|---|
| - 1 Si el criterio de las filas es superior que el de las columnas. |
| - 0,5 Si el criterio de las filas es equivalente al de las columnas |
| - 0 si el criterio de las filas es inferior que el de las columnas |

Fuente:(RIBA, C, 2002)

Para cada criterio, se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios al que se añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula) después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio.-Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio.

La matriz de ponderación de acuerdo a el análisis de cada máquina de empaçado tomando en cuenta los parámetros de cada máquina en la cual se analiza criterios de costo, tecnología, espacio, manejo, eficiencia y montaje.

➤ **Características**

Para analizar y seleccionar la máquina empacadora tomamos en cuenta los criterios más representativos en base a las alternativas que deberán ser evaluadas a continuación las siguientes:

Costo.- Es necesario también tomar en cuenta el factor económico para el costo de inversión del prototipo la cual se realizó un análisis sobre costo de diseño de la máquina en respecto a una adquisición de una máquina importada.

Tecnología.- Puesto que la máquina de empaçado va estar en el laboratorio de automatización y control debe contener partes tecnológicas ya que va ser utilizada por los estudiantes de la facultad de ingeniería civil y mecánica.

Espacio.- Tiene que ser manejable y de fácil movilidad ya que la máquina se encontrara en el laboratorio de automatización y control de la facultad de ingeniería civil y mecánica.

Eficiencia.- Otro factor importante para evaluar fue la eficiencia del prototipo ya que debe empaçar las botellas en una forma rápida y segura considerando que el producto tenga un mejor empaquetado para su almacenamiento.

Manejo.- en la parte de manejo la máquina debe ser lo más didáctica posible en facilidad de manejo ya que va ser usada por los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica.

Montaje.-el montaje de la máquina debe contener elementos constitutivos de fácil manipulación para poder ensamblar el prototipo el mismo que dependerá de su funcionamiento.

Tabla4-12: Evaluación del peso específico de cada criterio

| Costo > Tecnología > Espacio = Eficiencia > Manejo = Montaje | | | | | | | | |
|--|-------|------------|---------|------------|--------|---------|--------------|-------------|
| Criterio | Costo | Tecnología | Espacio | Eficiencia | Manejo | Montaje | $\Sigma + 1$ | Ponderado |
| Costo | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | 0,29 |
| Tecnología | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 0,24 |
| Espacio | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 3,5 | 0,17 |
| Eficiencia | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 3,5 | 0,17 |
| Manejo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,07 |
| Montaje | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,07 |
| SUMA TOTAL | | | | | | | 21 | 1,00 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

En la tabla 4.12 se observa la evaluación del peso de cada criterio considerado para el análisis dando prioridad al costo y tecnología.

Tabla 4-13: Evaluación del peso específico del criterio costo

| Máquina Empacadora Termoencogible > Empacadora al vacío > Máquina Envolvedora automática RTA. | | | | | |
|---|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------|-----------|
| Costo | Máquina Envolvedora automática RTA. | Empacadora al vacío | Máquina Empacadora Termoencogible | $\Sigma + 1$ | Ponderado |
| Máquina Envolvedora automática RTA. | 1 | 0 | 0 | 1 | 0,17 |
| Empacadora al vacío | 1 | 1 | 0 | 2 | 0,33 |
| Máquina Empacadora Termoencogible | 1 | 1 | 1 | 3 | 0,50 |
| SUMA TOTAL | | | | 6 | 1 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Costo: para el análisis del costo en la máquina empacadora Termoencogible dependió de las componentes mecánicas y de las partes neumáticas, y eléctricas que podemos encontrar en nuestro mercado además que tiene una gran ventaja en el ahorro de desperdicio de plástico en relación de la empacadora al vacío y la rotatoria como se muestra en las tabla 4.4, 4.5, 4.6.

Tabla 4-14: Evaluación del peso específico del criterio tecnología

| Máquina Empacadora Termoencogible = Empacadora al vacío > Máquina Envolvedora automática RTA. | | | | | |
|---|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------|-----------|
| Tecnología | Máquina Envolvedora automática RTA. | Empacadora al vacío | Máquina Empacadora Termoencogible | $\Sigma + 1$ | Ponderado |
| Máquina Envolvedora automática RTA. | | 0 | 0 | 1 | 0,17 |
| Empacadora al vacío | 1 | | 0,5 | 2,5 | 0,42 |
| Máquina Empacadora Termoencogible | 1 | 0,5 | | 2,5 | 0,42 |
| SUMA TOTAL | | | | 6 | 1 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Tecnología: en la máquina empacadora térmica la tecnología para el funcionamiento está en equipos de punta como el variador de frecuencia para la velocidad del motor ,el encendido debido al plc, los mandos electrónicos que aseguran consistencia en el funcionamiento, y los sensores para los pistones neumáticos para línea de sellado.

Tomando en consideración las tablas 4.4 hasta la tabla 4.6

Tabla 4-15: Evaluación del peso específico del criterio espacio.

| Máquina Empacadora Termoencogible > Empacadora al vacío= Máquina Envolvedora automática RTA. | | | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------|-----------|
| Espacio | Máquina Envolvedora automática RTA. | Empacadora al vacío | Máquina Empacadora Termoencogible | $\Sigma + 1$ | Ponderado |
| Máquina Envolvedora automática RTA. | | 0,5 | 0 | 1,5 | 0,25 |
| Empacadora al vacío | 0,5 | | 0 | 1,5 | 0,25 |
| Máquina Empacadora Termoencogible | 1 | 1 | | 3 | 0,50 |
| SUMA TOTAL | | | | 6 | 1 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Espacio: la máquina empacadora térmica está diseñada de acuerdo a las especificaciones que tenemos en el laboratorio ya que ocupa un espacio físico pequeño y que puede ser utilizado en una empresa o laboratorio la misma que tiene que ser de fácil movilidad y traslado.

Tomando en consideración las tablas 4.4 hasta la tabla 4.6

Tabla 4-16: Evaluación del peso específico del criterio eficiencia.

| Máquina Envolvedora automática RTA. > Empacadora al vacío > Máquina Empacadora Termoencogible | | | | | |
|---|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------|-----------|
| Eficiencia | Máquina Envolvedora automática RTA. | Empacadora al vacío | Máquina Empacadora Termoencogible | $\Sigma + 1$ | Ponderado |
| Máquina Envolvedora automática RTA. | | 1 | 1 | 3 | 0,50 |
| Empacadora al vacío | 0 | | 1 | 2 | 0,33 |
| Máquina Empacadora Termoencogible | 0 | 0 | | 1 | 0,17 |
| SUMA TOTAL | | | | 6 | 1 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Eficiencia: la máquina empacadora Termoencogible es de gran eficiencia ya que al momento de su empaqueo podemos ingresar 15 a 20 paquetes por minuto.

Tomando en consideración las tablas 4.4 hasta la tabla 4.6

Tabla 4-17: Evaluación del peso específico del criterio manejo

| Máquina Envolvedora automática RTA = Empacadora al vacío = Máquina Empacadora Termoencogible | | | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------|-----------|
| Manejo | Máquina Envolvedora automática RTA. | Empacadora al vacío | Máquina Empacadora Termoencogible | $\Sigma + 1$ | Ponderado |
| Máquina Envolvedora automática RTA. | | 0,5 | 0,5 | 2 | 0,33 |
| Empacadora al vacío | 0,5 | | 0,5 | 2 | 0,33 |
| Máquina Empacadora Termoencogible | 0,5 | 0,5 | | 2 | 0,33 |
| SUMA TOTAL | | | | 6 | 1 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Manejo: Máquina empacadora Termoencogible es de fácil manejo por sus componentes electrónicas al poseer un sensor de temperatura electrónico que permite el rango máximo y mínimo de temperatura deseada, y el plc que permite que la máquina funcione semiautomática de forma fácil.

Tomando en consideración las tablas 4.4 hasta la tabla 4.6

Tabla 4-18: Evaluación del peso específico del criterio montaje

| Máquina Envolvedora automática RTA. = Máquina Empacadora Termoencogible > Empacadora al vacío | | | | | |
|---|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------|-----------|
| Montaje | Máquina Envolvedora automática RTA. | Empacadora al vacío | Máquina Empacadora Termoencogible | $\Sigma + 1$ | Ponderado |
| Máquina Envolvedora automática RTA. | | 1 | 0,5 | 2,5 | 0,42 |
| Empacadora al vacío | 0 | | 0 | 1 | 0,17 |
| Máquina Empacadora Termoencogible | 0,5 | 1 | | 2,5 | 0,42 |
| SUMA TOTAL | | | | 6 | 1 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Montaje: La máquina Termoencogible contiene elementos constitutivos de fácil manipulación para poder ensamblar como es la selladora del plástico y la banda transportadora ya que esto dependerá para su correcto funcionamiento.

Tabla 4-19: Resultado de la ponderación

| Alternativas | Costo | Tecnología | Espacio | Eficiencia | Manejo | Montaje | Σ | Perspectivas |
|-------------------------------------|-------|------------|---------|------------|--------|---------|----------|--------------|
| Máquina Envolvedora automática RTA. | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,08 | 0,02 | 0,03 | 0,27 | 3 |
| Empacadora al vacío | 0,10 | 0,10 | 0,04 | 0,06 | 0,02 | 0,01 | 0,33 | 2 |
| Máquina Empacadora Termoencogible | 0,14 | 0,10 | 0,08 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,41 | 1 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Una vez realizado el análisis de las alternativas mediante la matriz de ponderación la mejor alternativa es la máquina de empaquetado Termoencogible ya que esta nos brinda un correcto funcionamiento y rendimiento para tener un correcto empaquetado en el proceso de embotellado.

4.4.2 SELECCIÓN DE LA PELÍCULA PARA EMPAQUETADO

Para la selección de la película para el empaquetado tomamos en cuenta los siguientes criterios realizando el mismo procedimiento anterior del ítem 4.4.1

Costo: Es necesario también tomar en cuenta el factor económico para el costo de inversión para la película de empaquetado que existe en el mercado en relación del plástico importado.

Resistencia: se debe tener en cuenta también la resistencia del plástico para poder empaquetar las botellas y que pueda resistir a la temperatura expuesta.

Eficiencia: debe tener la capacidad de empaquetar las botellas en forma compacta en la temperatura y tiempo exacto para un correcto funcionamiento de la máquina empaquetadora.

Tabla 4-20: Evaluación del peso específico de cada criterio

| Costo > Resistencia =Eficiencia | | | | | |
|---------------------------------|-------|-------------|------------|--------------|-----------|
| Criterio | Costo | Resistencia | Eficiencia | $\Sigma + 1$ | Ponderado |
| Costo | | 1 | 1 | 3 | 0,50 |
| Resistencia | 0 | | 0,5 | 1,5 | 0,25 |
| Eficiencia | 0 | 0,5 | | 1,5 | 0,25 |
| | | | Suma Total | 6 | 1,00 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Tabla 4-21: Evaluación del peso específico del criterio costo

| Polietileno B.Densidad> Polietileno A. Densidad=Polipropileno =Policloruro de Vinilo (PVC) | | | | | | |
|--|---------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------------|--------------|-----------|
| Costo | Polietileno de B.Densidad | Polietileno de A. Densidad | Polipropileno | Policloruro de Vinilo (PVC) | $\Sigma + 1$ | Ponderado |
| Polietileno de B.Densidad | | 1 | 1 | 1 | 4 | 0,4 |
| Polietileno de A. Densidad | 0 | | 0,5 | 0,5 | 2 | 0,2 |
| Polipropileno | 0 | 0,5 | | 0,5 | 2 | 0,2 |
| Policloruro de Vinilo (PVC) | 0 | 0,5 | 0,5 | | 2 | 0,2 |
| | | | SUMA TOTAL | | 10 | 1,00 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Costo: la película de polietileno de baja densidad es de bajo costo debido a su fácil adquisición en el mercado a demás es de fácil moldeo a su temperatura de atracción.

Tomando en consideración las tablas 4.7 hasta la tabla 4.10

Tabla 4-22: Evaluación del peso específico del criterio resistencia

| Polietileno A.Densidad> Polietileno B. Densidad>Polipropileno =Policloruro de Vinilo (PVC) | | | | | | |
|--|------------------------------|------------------------------|---------------|-----------------------------|--------------|-----------|
| Resistencia | Polietileno de Baja Densidad | Polietileno de Alta Densidad | Polipropileno | Policloruro de Vinilo (PVC) | $\Sigma + 1$ | Ponderado |
| Polietileno de B.Densidad | | 0 | 1 | 1 | 3 | 0,3 |
| Polietileno de A. Densidad | 1 | | 1 | 1 | 4 | 0,4 |
| Polipropileno | 0 | 0 | | 0,5 | 1,5 | 0,15 |
| Policloruro de Vinilo (PVC) | 0 | 0 | 0,5 | | 1,5 | 0,15 |
| | | | SUMA TOTAL | | 10 | 1,00 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Resistencia: Polietileno tiene de baja resistencia a la fractura por flexión o fatiga. Aumento de la sensibilidad a la luz ultravioleta y agentes oxidantes, sufriendo a la degradación más fácilmente.

Buena resistencia al impacto superior a temperaturas superiores a los 15 ° C y tiene buena estabilidad térmica. Alta resistencia química a los disolventes.

Tomando en consideración las tablas 4.7 hasta la tabla 4.10

Tabla 4-23: Evaluación del peso específico del criterio eficiencia

| Polietileno B.Densidad=Polietileno A. Densidad>Polipropileno >Policloruro de Vinilo (PVC) | | | | | | |
|---|------------------------------|------------------------------|---------------|-----------------------------|--------------|-----------|
| Eficiencia | Polietileno de Baja Densidad | Polietileno de Alta Densidad | Polipropileno | Policloruro de Vinilo (PVC) | $\Sigma + 1$ | Ponderado |
| Polietileno de B.Densidad | | 0 | 1 | 1 | 3 | 0,30 |
| Polietileno de A. Densidad | 1 | | 1 | 1 | 4 | 0,40 |
| Polipropileno | 0 | 0 | | 1 | 2 | 0,2 |
| Policloruro de Vinilo (PVC) | 0 | 0 | 0 | | 1 | 0,1 |
| SUMA TOTAL | | | | | 10 | 1,00 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Eficiencia: la película polietileno de baja densidad es muy denso y Químicamente inerte esterilizable y reciclable, es un excelente plástico para el empaqueo de botellas.

Tomando en consideración las tablas 4.7 hasta la tabla 4.10

Tabla 4-24: Resultado de la ponderación

| Alternativas | Costo | Espacio | Eficiencia | Σ | Perspectivas |
|-----------------------------|-------|---------|------------|----------|--------------|
| Polipropileno B. Densidad | 1,20 | 0,45 | 0,45 | 2,10 | 1 |
| Polipropileno A. Densidad | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 1,80 | 2 |
| Polietileno de B. Densidad | 0,60 | 0,23 | 0,30 | 1,13 | 3 |
| Policloruro de Vinilo (PVC) | 0,60 | 0,23 | 0,15 | 0,98 | 4 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Luego de haber realizado el análisis ponderado en base a la investigación realizada y luego de haber obteniendo los puntajes de cada tipo de plástico, se optó por seleccionar el polietileno de baja densidad, ya que esta película satisface las necesidades de la máquina de termoencogido para el proceso de embotellado.

4.4.3 DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

La máquina empacadora térmica consta de una sección plana la cual es donde se acomodan las botellas para el empuje a la banda transportadora, la cual debe llevar los paquetes de botellas a la cámara térmica con intervalos de tiempo establecidos hasta que los paquetes queden compactos y empaquetados dentro de la cámara.

Las botellas son empujadas mediante un pistón 1 con una estructura de empuje ya que las botellas deben arrastrar el plástico hasta la banda transportadora en ese intervalo el plástico es cortado mediante la selladora que está compuesta por un nicrom que es accionada por un pistón 2, para el montaje de la selladora se requiere una instalación neumática.

La cámara térmica en si está cubierta por capa térmica que permite que el calor no disipe hacia afuera, además de poseer 6 niquelinas que permiten que la cámara se caliente hasta llegar a una temperatura máxima y mínima establecida por el controlador de temperatura.

El tamaño de la cámara está establecida solo para botellas de ½ litro de acuerdo al proceso de la embotelladora.

La cámara está ubicada en un lugar específico y estratégico acorde al diseño para que pueda empacar en una forma adecuada. Para tener un correcto empacado también necesitamos de una película adecuada para el empacado en la cámara.

4.5 PRUEBAS DE EMPAQUETADO

4.5.1 EMPAQUETADO MANUAL

La verificación de la hipótesis, se realizó mediante pruebas de empacado manual, en las que se obtuvo diferentes tiempos, los mismos que fueron realizados experimentalmente así como se indica en el proceso.

- Primeramente se ordenan las botellas.



Figura 4.4: Ordenamiento de botellas

Fuente: El Autor (Jácome, F)

- Luego envolvemos el plástico en las botellas.



Figura 4.5: Envoltura del plástico

Fuente: El Autor (Jácome, F)

- Se corta el plástico en su parte extrema



Figura 4.6: corte del plástico

Fuente: El Autor (Jácome, F)

- Finalmente se empacada las botellas.



Figura 4.7: Empacado final

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Para determinar los tiempos de empacado manual total de las botellas de plástico se tomaron en cuenta los pasos descritos que se indican en la tabla 4.25.

Tabla 4-25: prueba de empackado manual

| | | | | |
|---|---|----------------|-----------------|--------------|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | | | |
| FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA | | | | |
| CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA | | | | |
| FICHA DE OBSERVACIÓN | | | | |
| EMPACADO MANUAL DE BOTELLAS | | | | |
| Investigador: Fabricio Jácome | | | | |
| Lugar: Laboratorio de automatización y control | | | | |
| # | Tiempo de empackado del paquete de 6 botellas | | | |
| | Agrupación (seg) | Embalaje (seg) | Corte (seg) | Tiempo (seg) |
| 1 | 10.5 | 70 | 15 | 95.5 |
| 2 | 12 | 68 | 14 | 94 |
| 3 | 11.6 | 65 | 15 | 91.6 |
| 4 | 13 | 67 | 13 | 93 |
| 5 | 12 | 71 | 14.5 | 97.5 |
| | | | Tiempo promedio | 94.32 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Finalmente luego de obtener los tiempos de empackado mediante las pruebas realizadas, se determinó un promedio de los tiempos que se logró con el empackado manual de por paquetes de 6 botellas.

Tabla 4-26: Tiempo Promedio de Producción

| | | |
|---|--------------|---------------|
| Producción de botellas empackadas manualmente | | |
| 1 Minuto | 1 Hora | 8 Horas |
| 0.636 | 38.16 | 305.34 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

4.5.2 EMPAQUETADO AUTOMÁTICO

La verificación de la hipótesis, está realizada mediante pruebas de empaqueo automático, mediante la cual se toman tiempos en la máquina con todos los elementos que conforman la automatización, en los se optimizó el proceso de empaqueo, obteniendo de esta manera lo requerido en el proyecto, que es la reducción de tiempos en el proceso.

En tabla 4.27 se detalla los tiempos recopilados en funcionamiento de la máquina en el proceso de empaqueo.

Tabla 4-27: Prueba de empaqueo automático

| | | | | |
|---|--|-------------|-----------------|---------------|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO | | | | |
| FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA | | | | |
| CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA | | | | |
| FICHA DE OBSERVACIÓN | | | | |
| EMPAQUETADO AUTOMÁTICO DE BOTELLAS | | | | |
| Investigador: Fabricio Jácome | | | | |
| Lugar: Laboratorio de automatización y control | | | | |
| # | Tiempo de empaqueo del paquete de 6 botellas | | | |
| | Agrupación (seg) | Corte (seg) | Empacado (seg) | Tiempo (seg) |
| 1 | 159.25 | 15 | 30 | 60 |
| 2 | 14 | 15 | 30 | 59 |
| 3 | 13 | 15 | 30 | 58 |
| 4 | 15 | 15 | 30 | 60 |
| 5 | 14 | 15 | 30 | 59 |
| | | | Tiempo promedio | 59.2 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Finalmente luego de obtener los tiempos de empaque mediante las pruebas realizadas, se determinó un promedio de los tiempos que se logró con el empaque automático de paquetes de 6 botellas.

Tabla 4-28: Tiempo Promedio de Producción

| Producción de botellas empaçadas automáticamente | | |
|--|----------------------|-----------------------|
| 1 Minuto | 1 Hora | 8 Horas |
| 0.986 paquetes | 60.8 paquetes | 486.4 paquetes |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

4.6 INTERPRETACIÓN DE DATOS

En el análisis realizado mediante la ponderación, considerando algunos factores y teniendo en cuenta las necesidades del proceso de embotellado, nos permitió la selección de la máquina empacadora Termoencogible, ya que en dicha selección se tomó en cuenta las características y parámetros requeridos para un empaque eficiente en el proceso.

Además, aplicando el mismo método de evaluación, se seleccionó el tipo de plástico, de acuerdo a la resistencia térmica y eficiencia al momento del empaque, quedando especificada una selección de polietileno de baja densidad el cual es muy denso y químicamente es inerte y reciclable.

4.7 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

La investigación de campo realizada en el laboratorio de control donde se encuentra implementado el proceso de embotellado permitió realizar varias pruebas para obtener los tiempos, en el proceso de producción actual.

La implementación de la empacadora automática nos permite optimizar tiempos y recursos lo cual producirá costos de producción menores, además permite también el control de todo

el proceso de producción desde nuestro PLC, en el que se va a monitorear y controlar de una manera eficiente dicho proceso.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Una vez que se realizó la investigación del sistema de empaçado se llega a la siguientes conclusiones.

- En el sistema de empaçado implementado en el proceso de embotellado, utilizamos parámetros seleccionados en el cual se logró escoger la máquina empaçadora termoencogible por que contiene elementos constitutivos de fácil manipulación para poderla ensamblar.
- La película de polietileno de baja densidad, escogida para el sistema de empaçado, fue seleccionada por su buena resistencia térmica, el cual es químicamente inerte y fácil de reciclar.
- El sistema de empaçado seleccionado es un referente que servirá para la elaboración del proyecto, ya que los componentes que intervienen en la máquina, son de fácil disponibilidad en el medio, los cuales facilitan el estudio de los parámetros propuestos tanto en la parte mecánica como en la parte programable.

5.2 RECOMENDACIONES

- Diseñar la cámara térmica acorde al espacio requerido por el número de botellas a empacarse y de acuerdo a la temperatura de dilatación del Termoplástico escogido, por lo que las resistencias deben estar preparadas para alcanzar rangos de temperatura entre los 200 a 250 °C en una cabina de largo de entre 90 y 120.
- Seleccionar los materiales para la construcción del sistema de acuerdo a la normativa especificada puesto que están directamente en contacto con los envases que contienen el líquido, y de esta manera evitar desgarres del material.
- Escoger el sistema automatizado (PLC CQM 1, Variador, Fuente), los cuales faciliten el accionamiento de las diferentes partes constitutivas de la empacadora, y así mejore la producción y la eficiencia de la máquina.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

6.1.1 TÍTULO

Diseño y construcción de un sistema de empaqueo automatizado para el proceso de embotellado en el laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

6.1.2 INSTITUCIÓN EJECUTORA.

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

6.1.3 BENEFICIARIOS

Laboratorio de Automatización y Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

Prototipo de embotelladora.

6.1.4 UBICACIÓN

Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato.

6.1.5 TIEMPO ESTIMADO PARA LA EJECUCIÓN

Inicio: Enero del 2014

Fin: Noviembre del 2015

6.1.6 EQUIPO TÉCNICO RESPONSABLE.

Jácome Castro Alex Fabricio, egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

6.1.7 COSTO

El diseño y construcción de la máquina empacadora tiene un costo de 3400 dólares.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

En el mundo industrializado a través del tiempo en los procesos de embotellado el empaclado es un proceso necesario ya que es la cobertura que da mayor protección y poder de manipulación a las botellas envasadas. Su función es perfeccionar las condiciones para el almacenamiento, transporte y llegada a destino de los productos en óptimo estado.

En la Escuela Superior Politécnica del Litoral en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción de la Ciudad de Guayaquil en el 2004 el Sr. Ronald Estid Mayancela Córdova realizó el “DISEÑO DE UN TUNEL DE TERMOCONTRACCIÓN PARA PELÍCULAS TERMOENCOGIBLES USADO EN EL EMBALAJE DE PRODUCTOS”, en el cual concluyó que para ello se enfatizó en realizar un completo análisis térmico del Horno que forma parte del Túnel buscando seleccionar bajo este análisis los materiales y dimensiones adecuados para minimizar las pérdidas de calor, con ello construir un equipo a precio conveniente, de buena calidad y presentación.

6.3 JUSTIFICACIÓN

En el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica se ha visto la necesidad de implementar un sistema de empaçado para el proceso de embotellado el mismo que constituye una solución para mejorar los tiempos de almacenamiento.

Con el diseño y construcción de la máquina empacadora de termoencogido de botellas pet con ingeniería local y equipos tecnológicos que existen en el laboratorio se espera adecuar al proceso de embotellado para que este sea más eficiente ya que está relacionada directamente con el proceso de embotellado.

Además contribuiremos con las prácticas que realicen los estudiantes de futuras generaciones con estos equipos tecnológicos lo cual será beneficioso en su campo laboral.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una Empacadora térmica con una película de plástico polietileno de baja densidad para mejorar los tiempos de almacenamiento en el proceso de embotellado en el laboratorio de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un prototipo de empaçado que permita mejorar el sistema de embotellado de la Facultad.
- Seleccionar el sistema de control lógico programable (PLC's), que permite el funcionamiento operacional del sistema de empaçado.

- Realizar pruebas de funcionamiento para empaques más resistentes, controlando la temperatura en uso del polietileno, seleccionando temperaturas hasta alcanzar el empaque más resistente con el polietileno escogido y que no produzca desgarres de material al momento del transporte.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La máquina empacadora térmica de botellas para el prototipo de embotelladora, presenta dimensiones que permiten su óptimo funcionamiento los mismos que se basaron en diferentes modelos que existen en nuestro ámbito para su construcción, además sus materiales de construcción son obtenidos con accesibilidad en el mercado entre estos el motor, motoreductor, niquelinas, pistones, electroválvulas, unidad de mantenimiento, relés, un sensor térmico, sensores magnéticos de pistones.

Para la automatización de la máquina y la culminación del proyecto se usaron los equipos tecnológicos que posee el laboratorio de automatización y control como son el PLC's CQM1, y variador de frecuencia de 220 V.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

La presente propuesta es el resultado del análisis de la información recopilada a lo largo del capítulo II y IV, siguiendo los parámetros de diseños fundamentales para la construcción y funcionamiento de la empacadora térmica.

6.6.1 DIMENSIONES GENERALES DE LA EMPAQUETADORA TÉRMICA DE BOTELLAS.

Para la dimensión del ancho de la banda en la empaquetadora se tomó en cuenta el número de botellas necesarias a empacar de acuerdo al proceso de embotellado como se muestra en las tablas 4.1 a la 4.3, el ancho de la cámara se estableció mediante la cantidad de botellas que van a ingresar a la cámara las mismas que se muestran en la tabla 6.1.

Se estableció que el producto a empaquetar son botellas de agua de medio litro de acuerdo al proceso de embotellado el cual se determinó un número acorde de botellas que satisface las necesidades del proceso en el laboratorio de automatización y control.

Tabla 6-1 Dimensiones del paquete

| Dimensiones de Paquetes con Botellas de Agua | | |
|---|---------------------------|-------------------------|
| Descripción | Arreglo (Botellas) | Dimensiones (mm) |
| B. de 1/2 litro | 3x4 | 192x256x210 |
| B. de 1/2 litro | 3x3 | 192x192x210 |
| B. de 1/2 litro | 3x2 | 192x128x210 |

Fuente: Investigador (Jácome, F)

Para el alto de la estructura que sujeta la banda se determinó mediante las máquinas del prototipo de embotellado, y para realizar la cámara se tomó en cuenta la distribución del plástico y el alto de la botella de ½ litro. El largo de la máquina se estableció en base a la cantidad de empaques a ser obtenidos tomando en cuenta el corte del plástico y las dimensiones del paquete que se muestra en la tabla 6.1.

Obteniendo las siguientes dimensiones finales:

Tabla 6-2 Dimensiones de la empacadora.

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Altura del prototipo seleccionado | 1920 mm. |
| Ancho del prototipo seleccionado | 504 mm. |
| Largo del prototipo seleccionado | 1600mm. |

Fuente: Investigador (Jácome, F)

6.6.2 PARÁMETROS DE LA MÁQUINA EMPACADORA DE BOTELLAS

- Parámetros de diseño.

Los requisitos que se deben tener en cuenta para diseñar la empacadora son la velocidad de transportación para brindar un empaque eficiente, producción adecuada, optimización de tiempos y el espacio físico necesario dentro del laboratorio que es de 2 metros para contribuir con el proceso de embotellado.

Sistema térmico

Tiene la misión de calentar la cámara térmica en la que se utilizará niquelinas que se seleccionaron de acuerdo a la potencia requerida para la cámara, la misma que debe ser cubierta con un aislamiento de lana térmica, para que alcance la temperatura requerida en el interior de la cámara.

Sistema neumático

Está constituido por un sistema de empuje del paquete de botellas, y de corte del termoplástico para lo cual se necesita la selección de 2 pistones neumáticos.

Sistema de transporte

Mediante un sistema de una banda transportadora se facilita el desplazamiento de las botellas dentro y fuera de la cámara que consta de:

Longitud de la primera sección de acomodo de botellas es: 296 mm ya que las botellas estarán distribuidas como se muestra en la tabla 6.1 además tiene un mecanismo de 192 – 256 mm que está adaptado a un pistón para poder empujar las botellas.

Longitud de la banda transportadora: 1035 mm, de acuerdo a la tabla 6.1 del arreglo de botellas podemos ingresar 4 paquetes con distancias de 5 espacios de 104.6 mm

Sistema eléctrico y de control.

El sistema de control está encargado de controlar y accionar los diferentes sistemas de la máquina mediante un sistema lógico programable que deberá ajustarse a nuestro diseño.

El laboratorio posee los siguientes tipos de plc's

- El PLC's CPM2C que tiene 6 entradas y 4 salidas.
- Un PLC's CQM1 que tiene 16 entradas y 16 salidas.

6.6.3 DISEÑO DE LA EMPACADORA.

Para realizar el diseño de la empacadora se tomó las siguientes consideraciones a seguirse:

- Producción requerida.
- Número de paquetes por minuto.
- Dimensiones del paquete.
- Velocidad de transportación.
- Características del material de operación.
- Temperatura de contracción del polietileno.

PRODUCCIÓN REQUERIDA.

Considerando el análisis y la ponderación establece que el rango de producción es de 15 a 20 paquetes por minuto que nos indica en la Tabla 4.4

VELOCIDAD DE TRANSPORTACIÓN

Para calcular la velocidad de transportación se considerará la profundidad de 19.2 cm ya que son 2 botellas de 6.4 cm lo que nos dará una longitud de 12.8 por paquete para una producción de 20 paquetes por minuto.

Según DONALD Q. (1999), emplea la siguientes ecuación para el cálculo de la Velocidad de transporte.

$$V = (P \times L)$$

Ecuación 6.1

Donde:

V= Velocidad de sistema de transportación (m/min).

P= Producción requerida (paquetes/min)

L= Longitud del paquete (m/paquete)

Entonces:

$$V = (20 \text{ paquetes/min} \times 0.128 \text{ m/paquete})$$

$$V = 2.56 \text{ m/min}$$

Velocidad que será utilizada en el cálculo de la longitud de la cámara será de 2.56 m/min.

- CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE OPERACIÓN.

Polietileno.

Las características del polietileno utilizado en el prototipo de empaçado tiene las siguientes propiedades:

Tabla 6-3: Características técnicas del material de operación

| VARIABLE | UNIDAD | ESTANDAR | TOLERANCIA |
|-------------------------------------|------------------|----------|------------|
| Espesor de la película PEBD Natural | múcras | 65 | +/-10% |
| Gramaje de la película PEBD Natural | g/m ² | 60.13 | +/-10% |
| Peso del rollo | Kg | 30 | +/-1 |
| Ancho de lámina | mm | 460 | +/-3 |
| Largo de lámina | metros | 1050 | +2 |
| Diámetro del rollo | mm | 330 | +/-10 |
| Diámetro externo del núcleo | mm | 90 | +/-2 |
| Diámetro interno del núcleo | mm | 76 | +/-2 |
| Rango de temperatura de sellado | °C | | 205-220 |

Fuente: Plasti empaques

DIMENSIONES DE LA CÁMARA DE CONTRACCIÓN.

Para determinar las dimensiones de la cámara se basa en las dimensiones del paquete para establecer el ancho y alto de la cámara y en velocidad de transportación con el tiempo de contracción requerido por el polímero para determinar la longitud de la cámara.

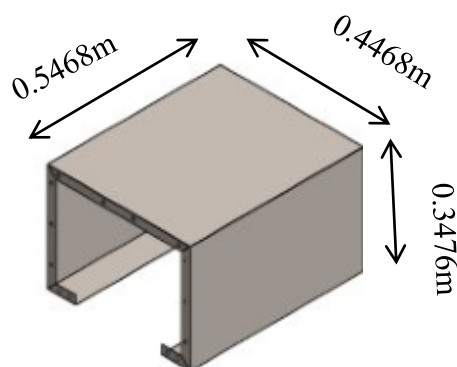


Figura 6.1: Dimensiones interiores de la cámara

Fuente: Investigador (Jácome, F)

- **LONGITUD DE LA CAMARA.**

Según DONALD Q. (1999), emplea la siguientes ecuación para el cálculo de la longitud de la cámara.

$$l = (V \times t) \quad \text{Ecuación 6.2}$$

Donde:

l = Longitud de la cámara (m)

V = Velocidad del sistema de transportación (m/min).

t = Tiempo (12 seg) = 0.2 min tiempo de atracción del polietileno según Álvarez, D. (2011).

Entonces:

$$l = (2.56 \text{ m/min.} \times 0.2 \text{ min})$$

$$l = 0.552 \text{ m}$$

Por lo que la longitud de la cámara térmica es de 0.6 m

6.6.4 CÁLCULOS TÉRMICOS.

Para realizar el análisis de los cálculos térmicos se tomó en cuenta algunas consideraciones como son:

-El ingreso del paquete se encuentra en equilibrio térmico, en temperatura ambiente por lo que se tomará como en condiciones de estado estable.

-Los envases son cilíndricos de forma geométrica de los componentes uniformes.

-Las Propiedades termo físicas constantes.

Según CENGEL, Y. (2006). Para realizar el análisis térmico se tiene que cumplir el siguiente balance de energía:

$$\begin{aligned} E_{\text{carga}} + E_{\text{pérdidas}} &= E_{\text{sistema}} & \text{Ecuación 6.3} \\ Q_{\text{paquete}} + Q_{\text{pérdidas}} &= Q_{\text{sistema}} \end{aligned}$$

Donde:

E_{carga} = Energía de carga (W)

$E_{\text{pérdidas}}$ = Energía de pérdidas (W)

E_{sistema} = Energía del sistemas (W)

Q_{paquete} = Potencia del paquete (W)

$Q_{\text{pérdidas}}$ = Potencia de pérdidas (W)

Q_{sistema} = Potencia del sistema (W)

- **POTENCIA REQUERIDA PARA CADA PRODUCTO.**

Según CENGEL, Y. (2006) la energía necesaria para calentar el paquete si el paquete va entrar a temperatura ambiente a la cámara de contracción será:

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_s - T_e) \quad \text{Ecuación 6.4}$$

Q = Potencia (W)

\dot{m} = Flujo de masa de la carga (Kg/seg)

C_p = Calor especifico (J/Kg. °K)

T_s = Temperatura de salida °K

T_e = Temperatura de entrada °K

Para el cálculo de la energía requerida se tomará en cuenta los productos que intervienen en nuestro análisis como son:

-Termoplástico (polietileno)

-Envase (pet)

-Producto líquido (agua)

El termoplástico a utilizare es la película de polietileno ya que es el que más se encuentra en el mercado nacional para embalaje de botellas de bebidas, se venden en espesores de 65 micras como se muestra en el Anexo A1, y su temperatura de contracción de 205°C. (Tabla 6.3).

La temperatura ambiente previa al ingreso a la cámara de cada componente del paquete basado a la temperatura promedio de Ambato es temperatura ambiente de 17 °C. (condiciones metereologicas ambato)

T agua = 17 °C

T envase = 17 °C

T entrada película = 17 °C

El paquete a ser a analizado de acuerdo al prototipo de embotellado es de (192x192x210)mm el cual está conformado de arreglos de 3 por 3 botellas.

- CÁLCULO DEL FLUJO MÁSSICO DE CADA PRODUCTO

- Película polietileno:

Espesor = 65 micras

Anexo A1

Largo= 804 mm

Ancho=212mm

Densidad promedio del polietileno = 0.92 g/cm³

Anexo A2

Según INCROPERA, F. (1999) define que la masa es igual a la densidad por el volumen:

$$m = \rho * V$$

Ecuación 6.5

Donde:

m= masa (g/paquete)

V= volumen (cm³)

ρ = densidad (g/cm³)

$$m = 0.92 \text{ g/cm}^3 * (80.4\text{cm} \times 21.2\text{cm} \times 0.0065\text{cm})$$

$$m = 10.192 \text{ g/paquete}$$

$$m = \frac{0.01019\text{kg}}{\text{paquete}}$$

Según DONALD Q. (1999), para determinar el flujo másico del polietileno se tiene la producción requerida que es de 20 paquetes/minuto, entonces tenemos:

$$\dot{m} = m * p$$

Ecuación 6.6

Donde:

\dot{m} = flujo másico (Kg/seg)

m = masa (Kg)

p = producción (paquetes /min)

$$\dot{m} = \frac{0.01019Kg}{paquete} * \frac{20 Paquetes}{minuto} * \frac{1minuto}{60 seg}$$

$$\dot{m} = 0.0033 Kg/seg$$

- Botella PET

Espesor = 0.1cm

Altura = 21 cm

Diámetro = 6.4 cm

$$\rho_{promedio\ del\ PET} = 1.34\ g/cm^3$$

Anexo A3

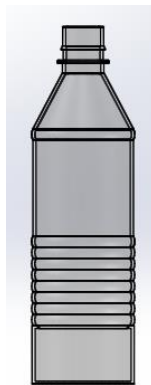


Figura 6.2: Botella PED

Fuente: Investigador (Jácome, F)

$$m = \rho * V$$

Donde:

m= masa (g/paquete)

V= volumen (cm³)

ρ = densidad (g/cm³)

$$m = 1.34 \text{ g/cm}^3 * (\pi * 0.1\text{cm} * 21\text{cm} * 6.4\text{cm}) * 6$$

$$m = 509.21 \text{ g/paquete}$$

$$m = 0.509 \text{ kg/paquete}$$

Para determinar el flujo másico de la botella pet se tiene la producción requerida que es de 20 paquetes/minuto, entonces tenemos:

$$\dot{m} = m * p$$

Donde:

\dot{m} = flujo másico (Kg/seg)

m = masa (Kg)

p = producción (paquetes /min)

$$\dot{m} = \frac{0.509\text{Kg}}{\text{paquete}} * \frac{20 \text{ Paquetes}}{\text{minuto}} * \frac{1\text{minuto}}{60 \text{ seg}}$$

$$\dot{m} = 0.1697 \text{ Kg/seg}$$

- Líquido Agua, son botellas de ½ litro para una densidad de 1000 Kg/m³ se tiene una masa de :

$$\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

Anexo A5

$$m = \rho * V$$

Donde:

m= masa (Kg/paquete)

V= volumen (l)

ρ = densidad (kg/m³)

$$m = 1000 \frac{kg}{m^3} * (0.5l * 6) * \frac{1m^3}{1000l}$$

$$m = 3 \text{ Kg/paquete}$$

Para determinar el flujo másico del líquido se tiene la producción requerida que es de 20 paquetes/minuto, entonces tenemos:

$$\dot{m} = m * p$$

Donde:

\dot{m} = flujo másico (Kg/seg)

m = masa (Kg)

p = producción (paquetes /min)

$$\dot{m}. = \frac{3 \text{ Kg}}{\text{paquete}} * \frac{20 \text{ Paquetes}}{\text{minuto}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ seg}}$$

$$\dot{m}. = 1 \text{ Kg/seg.}$$

- CONVECCIÓN DENTRO DE LA CÁMARA

$$T_{\infty} = T_{\text{Ambiente}} = 17^{\circ}\text{C} = 108,5^{\circ}\text{K}$$

$$T_s = T_{\text{superficie}} = 205^{\circ}\text{C} = 478^{\circ}\text{K}$$

$$T_f = T_p = \frac{108,5 + 478}{2} = 382^{\circ}\text{K}$$

- Interpolando del Anexo A8 Propiedades del Aire

Número de Prandtl: $Pr = 0,692$

Conductividad térmica: $K = 0,0323 \text{ w/m}^{\circ}\text{K}$

Dif. Térmica: $\alpha = 0,3480 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$

Viscosidad cinemática : $\nu = 24,05 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Gravedad: $g = 9,8 \text{ m/s}$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = 2,617 \cdot 10^{-3} / ^\circ\text{K}$$

Cálculo de Número de Grashof

$$G_r = \frac{g \cdot \beta (T_s - T_\infty) L^3}{\nu^2} \quad \text{Ecuación 6.7}$$

$$G_r = \frac{9,8 * 2,617 \times 10^{-3} (200 - 17) 0,3476^3}{(24,05 \times 10^{-6})^2}$$

$$G_r = 340,79 \times 10^6$$

Cálculo de Número de Rayleigh

$$R_a = G_r * P_r \quad \text{Ecuación 6.8}$$

$$R_a = 340,79 \times 10^6 * 0,692$$

$$R_a = 235,83 \times 10^6$$

Cálculo de número de Nusselt.

$$N_{UL} = 0,68 + \frac{0,67 R_a^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{P_r}\right)^{9/16}\right]^{4/9}} \quad \text{Ecuación 6.9}$$

$$N_{UL} = 0,68 + \frac{0,67 (235,86 \times 10^6)^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{0,692}\right)^{9/16}\right]^{4/9}}$$

$$N_{UL} = 0,68 + \frac{83,028}{1,307}$$

$$N_{UL} = 64,205$$

Cálculo de coeficiente de transferencia de calor por convección.

$$h_a = \frac{N_{UL} * K}{L} \quad \text{Ecuación 6.10}$$

$$h_a = \frac{64,205 * (0,0323)}{0,3476}$$

$$h_a = 5,97 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$$

Determinación de la temperatura de salida de cada producto.

Funcionamiento de la cámara Termoencogible debe verificarse que:

$$Q_{\text{convección, conducción}} = Q_{\text{almacenamiento}}$$

Según INCROPERA, F. (1999) para calcular la temperatura de salida de cada componente:

$$\dot{m} C_p (T_s - T_e) = \frac{(T_{\text{horno}} - \frac{T_s + T_e}{2}) * A_{\text{comp}}}{R} \quad \text{Ecuación 6.11}$$

$$U \cdot A_{\text{comp.}} \left(T_{\text{horno.}} - \frac{T_{\text{componente}} + T_{0 \text{ componente.}}}{2} \right) = \dot{m} C_{p \text{ componente}} * (T_{\text{componente}} - T_{0 \text{ componente}}) \quad \text{Ecuación 6.12}$$

Con el planteamiento de esta ecuación se puede determinar la temperatura de salida de cada elemento del paquete.

Según INCROPERA, F. (1999), que el coeficiente global de transferencia de calor se denomina de la siguiente manera:

$$U = \frac{1}{R} \quad \text{Ecuación 6.13}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h} + \left(\frac{e}{k}\right)_{\text{película}} + \left(\frac{\ln(r_e/r_i)}{2 * \pi * k * L}\right)_{\text{envase}}}$$

Donde:

U= coeficiente global de transferencia de calor ($\text{w/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$)

R =resistencia total. ($^\circ\text{C/W}$)

re = Radio externo del envase = 0.032 m

ri = Radio interno del envase = 0.031 m

$K = \text{conductividad térmica del envase (W m}^{-1} \text{ K}^{-1}) = 0,24 \text{ W/m}^\circ\text{K}$ Anexo A3

$L = \text{altura del envase (m)} = 0,21 \text{ m}$

$K = \text{conductividad térmica de la película (W m}^{-1} \text{ K}^{-1}) = 0,43 \text{ W/m K}$ Tabla 2.2

$h = \text{coeficiente de transferencia por convección (W.m}^2 \text{.K}^{-1}) = 5,97 \text{ Wm}^2 / ^\circ\text{K}$

$e = \text{espesor de la película (m)} = 6,5 \times 10^{-5} \text{ m}$ Anexo A1

$$U = \frac{1}{\frac{1}{5,97} + \left(\frac{6,5 \times 10^{-5}}{0,43}\right)_{\text{película}} + \left(\frac{\ln(0,032/0,031)}{2 * \pi * 0,24 * 0,21}\right)_{\text{envase}}}$$
$$U = \frac{1}{0,1675 + 1,512 \times 10^{-4} + 0,1003}$$

$$U = 5.542 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

La temperatura del polietileno a la salida del túnel es la temperatura de contracción que para este caso tomamos en cuenta 205 °C del anexo A1.

La temperatura previa al ingreso al túnel de cada componente del paquete es la de la temperatura ambiente es de 17 °C.

Para calcular la temperatura del horno despejamos la ecuación 6.11:

$$T_{\text{horno}} = \frac{\dot{m}C_p(T_{\text{comp}} - T_{0 \text{ componente}})}{UA_{\text{componente}}} + \frac{T_{\text{comp}} + T_{0 \text{ componente}}}{2}$$

- **Película de polietileno**

$\dot{m} = 0,0033 \text{ Kg/seg}$

$C_p = 1900 \text{ J/Kg.}^\circ\text{K}$

Anexo A2

$T_{0 \text{ comp}} = 17^\circ\text{C}$

$T_{\text{comp}} = 205^\circ\text{C}$

$U = 5.542 \text{ W/m}^2\text{°K}$

$$A_{convección} = \frac{Ancho_{polietileno}}{100} * \frac{Largo_{polietileno}}{100} \quad \text{Ecuación 6.14}$$

$$A_{convección} = \frac{21.2}{100} * \frac{80.4}{100} * (6.4)$$

$$A_{convección} = 1.83 \text{ m}^2$$

$$A_{convección} = A_{componente}$$

$$T_{horno} = \frac{\dot{m}C_p(T_{comp} - T_0 \text{ componente})}{UA_{componente}} + \frac{T_{comp} + T_0 \text{ componente}}{2}$$

$$T_{horno} = \frac{0.0033 * 1900(205 - 17)}{5.542 * 1.83} + \frac{205 + 17}{2}$$

$$T_{horno} = 227.22^\circ\text{C}$$

- Cálculo de las temperaturas de salida de los productos despejando la ecuación 6.12:

- **Botella pet**

$$T_{0 \text{ comp.}} = 17^\circ\text{C}$$

$$T_{horno} = 227.227^\circ\text{C}$$

$$\dot{m} = 0.1697 \text{ Kg/seg}$$

$$C_p = 1300 \text{ J/Kg. }^\circ\text{K}$$

$$U = 5.542 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{K}$$

$$e_{pvc} = 0.1 \text{ m}$$

Anexo A4

$$A_{convección} = \pi * \frac{D_{pet}}{100} * \frac{H_{pet}}{100} * \frac{e_{pvc}}{1000} * 6 \quad \text{Ecuación 6.15}$$

$$A_{convección} = \pi * \frac{6.4}{100} * \frac{21}{100} * \frac{0.1}{1000} * 6$$

$$A_{convección} = 0.00025 \text{ m}^2$$

$$T_{comp} = \frac{2 * U * A_{comp} * T_{horno} + T_0 \text{ comp}(2\dot{m}C_p - U * A_{comp})}{2\dot{m}C_p \text{ comp} + U * A_{comp}}$$

$$T_{comp} = \frac{2 * 5.542 * 0,00025 * 227.227 + 17 (2 * 0.1697 * 1300 - 5.542 * 0,00025)}{2 * 0.1697 * 1300 + 5.542 * 0.00025}$$

$$T_{comp} = 17.997^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 17.997^{\circ}\text{C}$$

- **Agua**

$$T_{horno} = 227.227 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\dot{m} = 1.5 \text{ Kg/seg.}$$

$$C_p = 4180 \text{ J/Kg. }^{\circ}\text{K}$$

Anexo A6

$$T_{0componente} = 17 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$A_{comp} = 0.00025 \text{ m}^2$$

$$U = 5.542 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{comp} = \frac{2 * U * A_{comp} * T_{horno} + T_{0 comp}(2\dot{m}C_p - U * A_{comp})}{2\dot{m} C_p + U * A_{comp}}$$

$$T_{comp} = \frac{2 * 5.542 * 0.00025 * 227.227 + 17 (2 * 1,5 * 4180 - 5.542 * 0,00025)}{2 * 1,5 * 4180 + 5.542 * 0,00025}$$

$$T_{comp} = 17.18^{\circ}\text{C}$$

$$T_s = 17.18^{\circ}\text{C}$$

- Para el polietileno el calor requerido para contraerse viene dado por la siguiente ecuación 6.4 mencionada anteriormente:

$$q = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_{Componente} - T_{0 componente})$$

$$q_{Película} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_s - T_e)$$

$$q_{Película} = 0.0033 \frac{\text{Kg}}{\text{seg}} * 1900 \frac{\text{J}}{\text{Kg}} \cdot ^\circ\text{K}(478 - 290)^\circ\text{K}$$

$$q_{Película} = 1178.76W$$

- Para la botella pet el calor almacenado es:

$$q_{Botellas} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_s - T_e)$$

$$q_{Botellas} = 0.1697 \frac{\text{Kg}}{\text{seg}} * 1300 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{K}(291.708 - 290)^\circ\text{K}$$

$$q_{Botellas} = 2259.24 \text{ W}$$

- Para el agua el calor almacenado será:

$$q_{Agua} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_s - T_e)$$

$$q_{Agua} = 1.5 \frac{\text{Kg}}{\text{seg}} * 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{K}(290.18 - 290)^\circ\text{K}$$

$$q_{Agua} = 1128.6W$$

- Cálculo de pérdidas

Según INCROPERA, F. (1999) para calcular pérdidas por paredes plantea la siguiente ecuación:

$$Q \text{ pérdidas} = \frac{T_{\text{horno}} - T_a}{\Sigma R_t}$$

Ecuación 6.16

- **Cálculos de las Áreas de la cámara.**

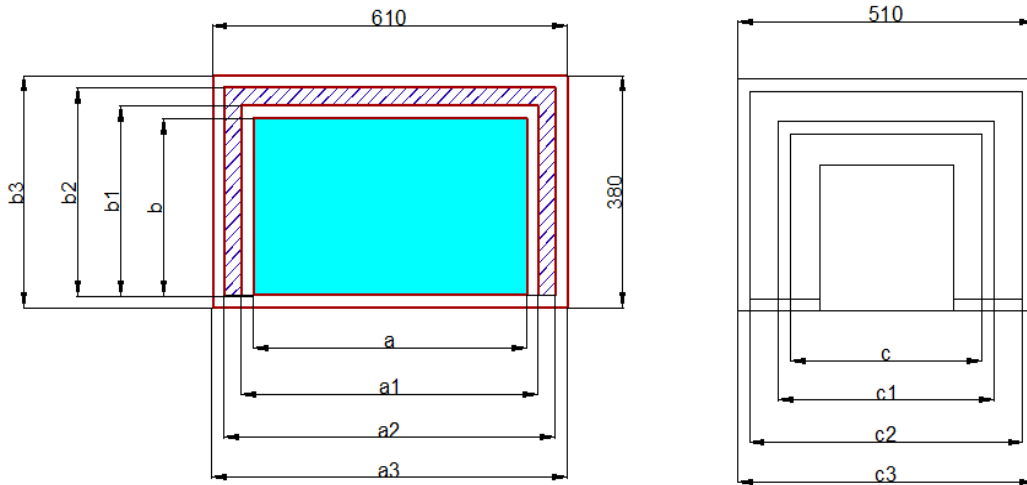


Figura 6.3: Áreas de la cámara

Fuente: Investigador (Jácome, F)

- Cara interior de la cámara por plancha de acero de 0.8 mm.
- Aislamiento de lana de vidrio 30 mm. (asumido)
- Cara exterior de la cámara por plancha de acero de 0.8 mm

$$a = 546.8 \text{ mm}$$

$$b = 347.6 \text{ mm}$$

$$c = 446.5 \text{ mm}$$

- **Área Inicial de la cámara de encogimiento.**

$$A = 2[(a * c) + (b * c) + (a * b)] \quad \text{Ecuación 6.17}$$

$$A = 2[(546,8 * 446,8) + (347,6 * 446,8) + (546,8 * 347,6)]$$

$$A = 1,179m^2$$

- **Área tomando en cuenta el espesor del acero galvanizado interior.**

$$A_1 = 2[(a_1 * c_1) + (b_1 * c_1) + (a_1 * b_1)] \quad \text{Ecuación 6.18}$$

$$A_1 = 2[(548,4 * 448,4) + (348,4 * 448,4) + (548,4 * 348,4)]$$

$$A_1 = 1,186m^2$$

- **Área tomando en cuenta el espesor de la lana de vidrio**

$$A_2 = 2[(a_2 * c_2) + (b_2 * c_2) + (a_2 * b_2)] \quad \text{Ecuación 6.19}$$

$$A_2 = 2[(608,4 * 508,4) + (378,4 * 508,4) + (608,4 * 378,4)]$$

$$A_2 = 1,463m^2$$

- **Área tomando el espesor del área galvanizada exterior**

$$A_3 = 2[(a_3 * c_3) + (b_3 * c_3) + (a_3 * b_3)] \quad \text{Ecuación 6.20}$$

$$A_3 = 2[(610 * 510) + (380 * 510) + (610 * 380)]$$

$$A_3 = 1,4734m^2$$

- **Cálculos por conducción de la cámara.**

$$q_{conducción} = K_c * A * \left(\frac{T_2 - T_1}{L}\right) \quad \text{Ecuación 6.21}$$

Donde:

$q_{conducción}$ = transferencia de calor por conducción (Kw)

K_c = Constante de conductividad térmica del material (Tol) = 46,5 w/m °C Anexo A 7

$T_2 - T_1$ = diferencia de temperaturas en °C por una distancia. L = 0.61 m

A = Área de transferencia. 1,179 m²

$$q_{\text{conducción}} = 46,5 * 1,179 \left(\frac{205-17}{0.61} \right)$$

$$q_{\text{conducción}} = 16,44 \text{ Kw}$$

Cálculo de la resistencia por conducción.

$$R_{\text{conducción}} = \frac{L}{K_c * A_1} \quad \text{Ecuación 6.22}$$

Donde:

L= espesor del material de tol = 0.008m

K_c = Constante de conductividad térmica del material. = 46,5 w/m °C

A_3 = Área total de la cámara. = 1.473m

$$R_{\text{conducción}} = \frac{8 * 10^{-3}}{46.5 * 1.473}$$

$$R_{\text{conducción}} = 1,167 * 10^{-4} \text{ °C/W}$$

- **Convección al exterior de la cámara**

$$T_{\infty 1} = T_{\text{Ambiente}} = 17 \text{ °C} = 108,5 \text{ °K}$$

$$T_{s1} = T_{\text{Ambiente al exterior de la camara}} = 32 \text{ °C} = 305 \text{ °K}$$

$$T_f = T_p = \frac{305+108,5}{2} = 297,5 = 298 \text{ °K}$$

- Interpolando del Anexo A8 con la temperatura de 298 °K obtenemos los siguientes valores :

$$P_r = \text{prandtl} = 0,7086$$

$$K = \text{conductividad térmica} = 0,0260 \text{ w/m °K}$$

$\nu =$ Viscosidad cinemática = $16,58 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$g =$ gravedad = $9,8 \text{ m/s}$

$\beta = \frac{1}{T_f} = 3,356 \times 10^{-3} / ^\circ\text{K}$

$\alpha =$ dif. Térmica = $0,21 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$

$G_r =$ Número de grashof

Cálculo de número de grashof

Según CENGEL, Y. (2006), emplea la siguiente ecuación para calcular el número de grashof:

$$G_r = \frac{g * \beta (T_{s1} - T_{\infty 1}) L^3}{\nu^2}$$

Donde:

$G_r =$ Número de grashof

$$G_r = \frac{9,8 * 3,356 \times 10^{-3} (32 - 17) (0,39)^3}{(16,58 \times 10^{-6})^2}$$

$$G_r = 98,474 \times 10^6$$

$$R_a = G_{r1} * P_r$$

Cálculo de Número de Rayleigh

Según CENGEL, Y. (2006), emplea la siguiente ecuación para calcular el número de rayleigh:

Donde:

$R_a =$ Número de Rayleigh

$$R_a = 98,474 \times 10^6 * 0,7086$$

$$R_a = 69,78 \times 10^6$$

Cálculo de Número de Nusselt.

Según CENGEL, Y. (2006), emplea la siguiente ecuación para calcular el número de Nusselt:

$$N_{UL} = 0,68 + \frac{0,67Ra^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr}\right)^{9/16}\right]^{4/9}}$$

$$N_{UL} = 0,68 + \frac{0,67(69,78 \times 10^6)^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{0,7086}\right)^{9/16}\right]^{4/9}}$$

$$N_{UL} = 0,68 + \frac{61,236}{1,3032}$$

$$N_{UL} = 47,67$$

Cálculo de coeficiente de transferencia de calor por convección

Según CENGEL, Y. (2006), emplea la siguiente ecuación para calcular el coeficiente de transferencia de calor por convección:

$$h_{a1} = \frac{N_{UL} * K}{L}$$

$$h_{a1} = \frac{47,67 * (0,0260)}{0,38}$$

$$h_{a1} = 3,261 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Cálculos por radiación en la cámara.

Cálculo del coeficiente de radiación de calor el cual se determina según (INCROPERA, F.1999), de la siguiente manera:

$$h_{\text{rad}} = \varepsilon * \sigma * (T_s + T_{\text{alr}}) (T_s^2 + T_{\text{alr}}^2)$$

Donde:

h_{rad} = coeficiente de radiación (W/ m² °C)

ε = emisibilidad del material adimensional

Anexo A10

σ = constante de Stefan-Boltzmann : 5.67 x 10⁻⁸ W/m² °K⁴

$$h_{\text{rad}} = 0.94 * 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ °K}^4 * (478 + 108.5) \text{ °K} * (478^2 + 108.5^2) \text{ °K}^2$$

$$h_{\text{rad}} = 7.51 \text{ W/ m}^2 \text{ °C}$$

La resistencia térmica para la radiación de calor se calculará en una forma similar a la convección ya que es modelado de una misma forma.

$$R_{\text{rad}} = \frac{1}{h_{\text{rad}} * A}$$

$$R_{\text{rad}} = \frac{1}{7.51 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ °C}} * 1.179 \text{ m}^2}$$

$$R_{\text{rad}} = 0.11 \text{ °C/W}$$

- **Calculo de resistencias por convección, conducción y radiación.**

Se hará un análisis de las resistencias térmicas existentes al interior de la empacadora, para el respectivo encogimiento del polietileno en las botellas.

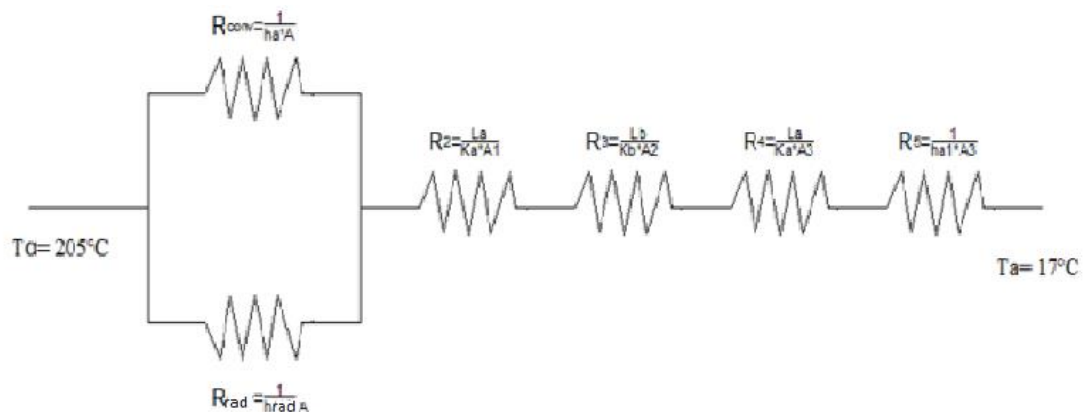


Figura 6.4: Circuito térmico de la Cámara

Fuente: Investigador (Jácome, F)

Para realizar el cálculo de pérdidas en paredes por convección y conducción y radiación se consideró las siguientes condicionantes:

Cálculo de la resistencia por convección.

$$R_{convección} = \frac{1}{h_a * A} \quad \text{Ecuación 6.23}$$

Donde:

$R_{convección}$ = Resistencia por convección (°C/W)

ha = coeficiente de transferencia de calor por convección = 5,97W/m²°C

A= área = 1.179 m²

$$R_{convección} = \frac{1}{5,97 * 1,179}$$

$$R_{convección} = 7,038 \text{ °C/W}$$

$$R_{convección} = 7,038 \text{ °C/W}$$

Cálculo de la resistencia por radiación

$$R_{rad} = \frac{1}{h_{rad} * A}$$

$$R_{rad} = \frac{1}{7.51 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} * 1.179 m^2}$$

$$R_{rad} = 0.11 \text{ °C/W}$$

$$R_1 = \frac{R_{conv} * R_{rad}}{R_{conv} + R_{rad}} \quad \text{Ecuación 6.24}$$

$$R_1 = \frac{7,038 * 0.11}{7,038 + 0.11}$$

$$R_1 = 0.108 \text{ °C/W}$$

Cálculo de la resistencia por conducción.

$$R_{conducción} = \frac{L}{K * A_1}$$

Donde:

$R_{conducción}$ = resistencia por conducción ($^{\circ}C/W$)

L_a = espesor del material de tol = 0.008m

L_b = espesor de la lana de vidrio = 0.03 m

K_a = Acero galvanizado = 46.5 W/m $^{\circ}C$

Anexo A7

K_b = Lana de vidrio = 0.046 W/m $^{\circ}C$

Anexo A9

A_1 = 1.186 m 2

A_2 = 1.463 m 2

A_3 = 1.4734 m 2

$$R_2 = \frac{L_a}{K_a * A_1}$$

Ecuación 6.25

$$R_2 = \frac{8 \times 10^{-3}}{46,5 * 1,186}$$

$$R_2 = 1,167 \times 10^{-4} C/W$$

$$R_3 = \frac{L_b}{K_b * A_2}$$

$$R_3 = \frac{0,03}{0,046 * 1,463}$$

$$R_3 = 0,445 C/W$$

$$R_4 = \frac{L_a}{K_a * A_3}$$

$$R_4 = \frac{8 \times 10^{-3}}{46,5 * 1,473}$$

$$R_4 = 1,167 \times 10^{-4} \text{C/W}$$

$$R_5 = \frac{1}{h_{a1} * A_4}$$

$$R_5 = \frac{1}{3,261 * 1,4734}$$

$$R_5 = 0,208 \text{C/W}$$

- Reemplazando las resistencias calculadas en la ecuación 6.16 obtenemos la potencia pérdida por paredes :

$$q' = \frac{Thorno - T e}{R1 + R2 + R3 + R4 + R5}$$

$$q' = \frac{227,227 - 17}{0,108 + 1,4506 \times 10^{-4} + 0,445 + 1,167 \times 10^{-4} + 0,208}$$

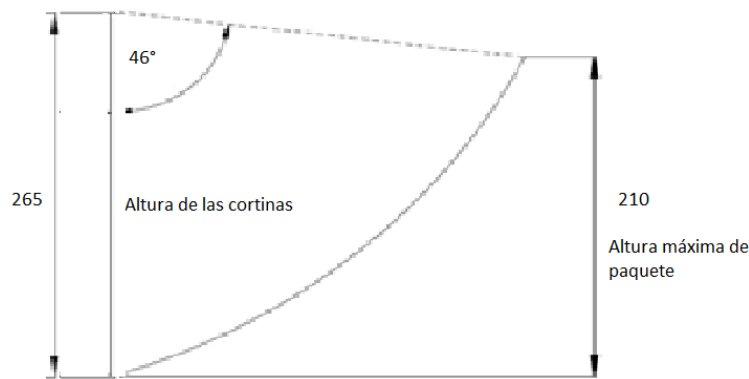
$$q' = 376,155 \text{ w}$$

- Cálculo de pérdidas por cortinas



Cortinas de la cámara

Fuente: Investigador (Jácome F)



Cálculo del volumen de aire desplazo

Según Astigarraga, U “Hornos industriales de resistencias”, para calcular el volumen de aire desplazado se obtiene mediante la ecuación:

$$\gamma = A \text{ arco} * W \text{ cortina} \quad \text{Ecuación 6.26}$$

Donde:

A arco = Área del arco descrita por el extremo inferior de la cortina (m²).

w_{cortina} = Ancho de la cortina (m) = 0.274 m

γ = volumen de aire desplazado (m³).

Consideramos que la medida angular tiene que estar en radianes por lo que:

$$\Theta = \frac{46 * \pi}{180} = 0.80 \text{ rad}$$

$$A_{\text{arco}} = \frac{1}{2} * h_{\text{cortina}}^2 * \Theta \quad \text{Ecuación 6.27}$$

Remplazando el área del arco en la ecuación 6.26

$$\gamma = \frac{1}{2} * h_{\text{cortina}}^2 * \Theta * W_{\text{cortina}}$$

$$\gamma = \frac{1}{2} * (0.265)^2 * 0.80 * 0.274$$

$$\gamma = 7.698 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Cálculo del gasto volumétrico

Para calcular el gasto volumétrico nos basaremos en la producción requerida que es de 20 paquetes/ minuto:

$$\gamma' = 7.698 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{paquete}} * 20 \frac{\text{paquete}}{\text{minuto}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \quad \text{Ecuación 6.28}$$

$$\gamma' = 2.565 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Cálculo de la energía que se pierde al desplazar los volúmenes de aire a la entrada y a la salida:

$$Q_{\text{Cortina}} = \gamma' (\rho_{\text{temperatura ambiente}} - \rho_{\text{temperatura horno}}) * C_p * (T_{\text{horno}} - T_{\text{ambiente}}) \quad \text{Ecuación 6.29}$$

Donde:

$$\rho_{\text{temperatura ambiente}} = 1.22 \text{ Kg/m}^3 \quad \text{interpolado del anexo A8}$$

$$\rho_{\text{temperatura horno}} = 0.7048 \text{ Kg/m}^3 \quad \text{interpolado del anexo A8}$$

$$C_p \text{ aire} = 1.224 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C} \quad \text{interpolado del anexo A8 a temperatura ambiente}$$

$$Q_{\text{Cortina}} = 2.565 \times 10^{-3} * (1.22 - 0.7048) * 1,224 * (227.227 - 17)$$

$$Q_{\text{Cortina}} = 340.042 \text{ W}$$

- Consideraciones y especificaciones del diseño

Energía requerida por el paquete:

$$\text{Película Termoencogible (Polietileno)} = 1178.76 \text{ W}$$

$$\text{Envase (pet)} = 2259.24 \text{ W}$$

Producto (agua) = 1128.6W

Pérdidas de calor

Pérdidas de paredes= 490.09 w

Pérdidas de cortinas = 340.042 W

Pérdidas totales = 830.132 W

- Cálculo del número de resistencias

Para determinar las resistencias debemos determinar Q total del sistema mencionada en la ecuación 6.3:

$$Q_{\text{sistema}} = Q_{\text{pérdidas}} + Q_{\text{paquete}}$$

$$Q_{\text{sistema}} = (376.155 + 340.042 + 1178.76 + 2259.24 + 1128.6)$$

$$Q_{\text{sistema}} = 5282.79 \text{ W}$$

En nuestro caso la energía que proporcionara la resistencia debe ser:

$$E_{\text{resistencias}} \approx 5282.79 \text{ W}$$

Para nuestro diseño seleccionaremos resistencias blindadas del 1000 W para poder alcanzar el calentamiento requerido para los 2 lados de la cámara.

$$N_r = \frac{E_{\text{requerida}}}{E_{\text{resistencias}}} \quad \text{Ecuación 6.30}$$

$$N_r = \frac{5282.79}{1000}$$

$$N_r = 5.282 \approx 6$$

De acuerdo a nuestro diseño seleccionaremos 6 niquelinas ya que dispondrán 3 a cada lado.

Cálculo de potencia de la cámara.

Para determinar la potencia de la cámara (P_c), se incrementará un 10% de la potencia sistema, debido a que pueden existir pérdidas en el funcionamiento de la cámara, y pérdidas generadas por las cortinas.

$$P_c = q_{util} + 10\% q_{util} \quad \text{Ecuación 6.31}$$

$$P_c = (5.282 + 0,5282)KW$$

$$P_c = 5.8102 Kw$$

- Cálculo de la eficiencia

$$\eta = \frac{Q_{sistema}}{P_c + q_{perdi}}$$

$$\eta = \frac{5.282}{5.8102 + 0,716}$$

$$\eta = 80.93 \%$$

6.6.5 CÁLCULOS DE DISEÑO MECÁNICO

CÁLCULOS DE LA POTENCIA Y SELECCIÓN DEL MOTOR

Para calcular la potencia es importante conocer cuáles son los elementos que conforman este sistema y a la vez determinar la inercia de cada uno de estas. Para cálculos de Torque, Velocidad Lineal y Potencia se asume un motor de ½ HP

- Polea motriz
- Polea conducida
- Eje Motriz
- Eje Impulsado

Diseño del sistema de transmisión

Encargada de transmitir el giro del motor a la Banda transportadora el mismo que está conformado de los siguientes elementos.

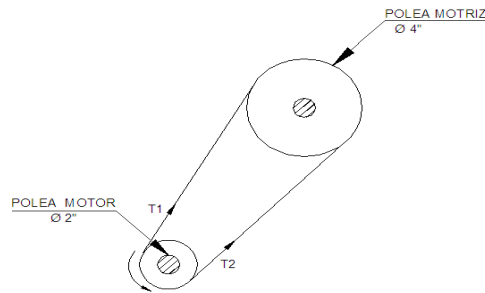


Figura 6.5: Diseño del Sistema de Transmisión

Fuente: Investigador (Jácome, F)

Polea motriz motor $d_1 = 2$ in

Polea conducida del moto reductor $D_2 = 4$ in

Polea motriz del moto reductor $d = 2$ in

Polea conducida $D = 4$ in

El sistema de transmisión está conformado de las siguientes partes.

- Relación de transmisión del motor al moto reductor= 1 a 20
- Potencia: 1/2 HP (Motor Eléctrico, asumido 1750 rpm)
- Impacto moderado
- Temperaturas de funcionamiento frío
- Asumo: Factor de diseño de: $n_d = 1,1$
- Factor de servicio de: $K_s = 1,5$
- Distancia entre centros: 420 mm

Cálculo del número de revoluciones de motor - moto reductor

Según Shigley, J (1985) para calcular el número de revoluciones de motor a moto reductor aplica la siguiente ecuación:

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

Ecuación 6.32

Donde:

n_2 = Número de revoluciones por minuto (moto reductor)

d_1 = 4 in; diámetro de la Polea Moto reductor:

n_1 = 1750 rpm número de revoluciones del motor

d_2 = 2 in; diámetro de la Polea del motor

$$\frac{2}{4} = \frac{1750}{n_2}$$

$$(1750 * 4)/2 = n_2$$

$$n_2 = 3500 \text{ rpm}$$

Como la relación del motoreductor es de 20 a 1

$$n_2 = 3500/20 = 175 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 175/2 = 87.5 \text{ rpm}$$

Cálculo del número de revoluciones en las bandas

Para el sistema de giro número dos se realiza los mismos cálculos.

Según Shigley, J (1985) para calcular el número de revoluciones de la segunda banda aplica la siguiente ecuación:

$$\frac{d_3}{d_1} = \frac{n_2}{n_3}$$

Donde:

d_1 = 2 in diámetro polea moto reductor

n_2 = 87.5 rpm número de revoluciones por el motoreductor.

$d_3=4$ in; Polea conducida.

n_3 = Número de revoluciones de la banda.

$$\frac{4}{2} = \frac{87.5}{n_3}$$

$$(87.5 * 2)/4 = n_3$$

$$n_3 = 43.75\text{rpm}$$

- **Selección de la banda**

Para el sistema de transmisión seleccionaremos una banda de las siguientes características.

Del Anexo B1.

Seleccionamos una banda ranurada Ax24.

- **Cálculo de la longitud de paso**

Según Shigley, J (1985) para calcular la longitud de paso aplica la siguiente ecuación:

$$L_p = L + L_c$$

Ecuación 6.33

Donde:

L_p : Longitud de paso

L : Longitud de banda 21.5 in

L_c = longitud de paso 1.3 in

Anexo B1 Tabla 17.11

$$L_p = 21.5 + 1.3$$

$$L_p = 22,8 \text{ in}$$

- **Cálculo de la distancia entre centros**

Según Shigley, J (1985) para calcular la distancia entre centros aplica la siguiente ecuación:

$$C = 0,25 \left\{ \left[Lp - \frac{\pi}{2}(D + d) \right] + \sqrt{\left[Lp - \frac{\pi}{2}(D + d) \right]^2 - 2(D - d)^2} \right\}$$

Ecuación 6.34

Donde:

C: Distancia entre centros.

D: Diámetro mayor. 4 in

d: Diámetro menor. 2 in

Lp: Longitud de paso. 22.8 in

$$C = 0,25 \left\{ \left[22,8 - \frac{\pi}{2}(4 + 2) \right] + \sqrt{\left[22,8 - \frac{\pi}{2}(4 + 2) \right]^2 - 2(4 - 2)^2} \right\}$$

$$C = 0,25 \left\{ (13,37) + \sqrt{[178,89] - 8} \right\}$$

$$C = 0,25 \{ (13,37) + 13,072 \}$$

$$C = 6,61 \text{ in}$$

$$C = 167.911 \text{ mm}$$

- **Cálculo del ángulo de contacto polea mayor**

Según Shigley, J (1985) para calcular el ángulo de contacto de la polea mayor aplica la siguiente ecuación:

$$\theta_D = \pi + 2 \sin^{-1} \frac{(D - d)}{2c}$$

Ecuación 6.35

Donde:

θ_D : Ángulo de contacto mayor.

D: Diámetro mayor. 4 in

d: Diámetro menor. 2 in

C : Distancia entre centros = 6,61 in

$$\theta_D = \pi + 2 \sin^{-1} \frac{(4 - 2)}{13.22}$$

$$\theta_D = \pi + 2 \sin^{-1} 0,1512$$

$$\theta_D = \pi + 17.39$$

$$\theta_D = 5,53rad = 185.53^\circ$$

- **Cálculo del ángulo de contacto polea menor**

Según Shigley, J (1985) para calcular el ángulo de contacto de la polea menor aplica la siguiente ecuación:

$$\theta_d = \pi - 2 \sin^{-1} \frac{(D - d)}{2c}$$

Ecuación 6.36

Donde:

θ_d : Ángulo de contacto menor.

D: Diámetro mayor. 4 in

d: Diámetro menor. 2 in

C : Distancia entre centros = 6,61 in

$$\theta_d = \pi - 2 \sin^{-1} \frac{(4 - 2)}{13.22}$$

$$\theta_d = \pi - 2 \sin^{-1} 0.1512$$

$$\theta_d = \pi - 17,39$$

$$\theta_d = 4.53rad = 1184,53^\circ$$

- **Cálculo de la longitud de la banda**

Según Shigley, J (1985) para calcular la longitud de la banda aplica la siguiente ecuación:

$$L = [4C^2 - (D - d)^2]^{1/2} + \frac{1}{2}(D\theta_D + d\theta_d)$$

Ecuación 6.37

Donde:

L: Longitud de banda (in)

θ_D : Ángulo de contacto mayor = $5,53rad$

θ_d : Ángulo de contacto menor = $4.53rad$

D: Diámetro mayor = 4 in

d: Diámetro menor = 2 in

C: Distancia entre centros = $6,61 in$

$$L = [4(6,61)^2 - (4 - 2)^2]^{1/2} + \frac{1}{2}((4)(5.53) + (2)(4.53))$$

$$L = [13.06] + \frac{1}{2}(31.18)$$

$$L = 28,65 in$$

- **Cálculo de la velocidad periférica**

Según Shigley, J (1985) para calcular la velocidad periférica aplica la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\pi * d * n}{12}$$

Ecuación 6.38

Donde:

V: Velocidad Periférica.

d: Diámetro menor = 2 in

n= número de revoluciones por minuto = 87.5 rpm

$$V = \frac{\pi * 2 * 87.5}{12}$$

$$V = 45.814 \text{ pies}/min$$

- **Cálculo de la corrección del ángulo de contacto.**

Según Shigley, J (1985) para calcular la Corrección del Ángulo de Contacto aplica la siguiente ecuación:

Donde:

D: Diámetro mayor = 4 in

d: Diámetro menor = 2 in

C: Distancia entre centros = 6,61 in

$$\frac{D - d}{C} = \frac{4 - 2}{6.61} = 0.302$$

Factor de corrección del ángulo de contacto K1 para transmisión de bandas

Donde:

Con el valor calculado determinamos K1=0,79

Anexo B2 (Tabla 17 .13)

Factor de corrección de longitud de banda

K2=0,85

Anexo B3 (Tabla 17,14)

- **Cálculo de la potencia permitida por la banda**

Según Shigley, J (1985) para calcular la potencia permitida por la banda aplica la siguiente ecuación:

$$Ha = K1 * K2 * Hatab$$

Ecuación 6.39

Donde:

K1=0,79

K2=0,85

Hatab = 0,47 Hp potencia nominal de banda en v estandar Anexo B4 (Shigley Tabla 17 .12, Pg 880)

$$Ha = (0,79) * (0,85) * (0,47)$$

$$Ha = 0,3156 Hp$$

- **Cálculo de la potencia de diseño**

Según Shigley, J (1985) para calcular la potencia de diseño aplica la siguiente ecuación:

$$Hd = Ks * Hnom$$

Ecuación 6.40

Donde:

Hd: Potencia de diseño

Ks: Factor de servicio sugerido para transmisiones en bandas en v

Para una máquina impulsada bajo impacto $Ks = 1,2$ Leído Anexo B5 (Shigley Tabla 17.15 Pg. 881)

Hnom = potencia nominal 0.5 Hp

$$Hd = (1,2) * (0,5)$$

$$Hd = 0,6 Hp$$

- **Cálculo del número de bandas**

Según Shigley, J (1985) para el cálculo del número de bandas aplica la siguiente ecuación:

$$Nb = \frac{Hd}{Ha}$$

Ecuación 6.41

Donde:

Nb: Número de bandas

Hd: Potencia de diseño = 0.6 Hp

Ha: Potencia permitida por la banda = 0,3156 Hp

$$Nb = \frac{0,6}{0,3156}$$

$$Nb = 1,90 \text{ Bandas}$$

- **Cálculo de la tensión centrífuga**

Según Shigley, J (1985) para el cálculo de la tensión centrífuga aplica la siguiente ecuación:

$$T_c = K_c \left(\frac{V}{100} \right)^2$$

Ecuación 6.42

Donde:

T_c : Tensión superficial.

K_c : parámetros de bandas en V. = 0,561

Anexo B6 (Shigley Tabla 17.16)

V: Velocidad Periférica = 45.814 *pies/min*

$$T_c = 0,561 \left(\frac{45.814}{100} \right)^2$$

$$T_c = 0,117 \text{ lb}$$

- **Cálculo de la tensión mayor**

Según Shigley, J (1985) para el cálculo de tensión de vida por torsión aplica la siguiente ecuación:

$$\Delta T = \frac{63025 \text{ Hd}/nb}{n \left(\frac{d}{2} \right)}$$

Ecuación 6.43

Donde:

ΔT : Tensión de vida por torsión.

Hd: Potencia de diseño = 0,6 *Hp*

nb: Número de bandas = 1.90 bandas

n = 87.5 rpm

d = 2 in

$$\Delta T = \frac{63025 (0,6)/(1,90)}{(87,5) \left(\frac{2}{2} \right)}$$

$$\Delta T = 227.45 \text{ lb}$$

Según Shigley, J (1985) para el cálculo de la tensión mayor aplica la siguiente ecuación:

$$T_1 = T_c + \frac{\Delta F \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1}$$

Ecuación 6.44

Donde:

T1: Tensión mayor

Tc: Tensión superficial = 0.117 lb

ΔT : Tensión de vida por torsión = 227.45 lb

$$\exp(f\phi) = \exp(0,5123 * 2,83) = 4,26$$

$$T_1 = T_c + \frac{\Delta T * \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1}$$

$$T_1 = 0.117 + \frac{(227.45) * (4.26)}{4.26 - 1}$$

$$T_1 = 0.117 + 297.21$$

$$T_1 = 297.33 \text{ lb}$$

- **Cálculo de la tensión menor**

Según Shigley, J (1985) para el cálculo de la tensión mayor aplica la siguiente ecuación:

$$T_2 = T_1 - \Delta T$$

Ecuación 6.45

Donde:

T2: Tensión menor

T1: Tensión mayor = 297.33 lb

ΔT : Tensión de vida por torsión = 227.45 lb

$$T_2 = 297.33 \text{ lb} - 227.45 \text{ lb}$$

$$T_2 = 69.88 \text{ lb}$$

- **Cálculo de la tensión inicial**

Según Shigley, J (1985) para el cálculo de la tensión inicial aplica la siguiente ecuación:

$$T_i = \frac{T_1 + T_2}{2} - T_c$$

Ecuación 6.46

Donde:

T_i = Tensión inicial

T_1 : Tensión mayor = 297.33 lb

T_2 : Tensión menor = 69.88 lb

T_c : Tensión superficial = 0.117 lb

$$T_i = \frac{297.33 \text{ lb} + 69.88 \text{ lb}}{2} - 0,117$$

$$T_i = 183.48 \text{ lb}$$

- **Cálculo del factor de seguridad**

Según Shigley, J (1985) para el cálculo del factor de seguridad aplica la siguiente ecuación:

$$\eta_{fs} = \frac{H_a * N_b}{H_{nom} * K_s}$$

Ecuación 6.47

Donde:

η_{fs} = Factor de seguridad

H_a : Potencia permitida por la banda = 0,3156 Hp

N_b : Número de bandas = 1.2

H_{nom} = potencia nominal 0.5 Hp

K_s : Factor de Servicio = 1.2

Anexo B5

$$\eta_{fs} = \frac{0,3156 * 1,90}{0,5 * 1,2}$$

$$\eta_{fs} = 0,999$$

$$\eta f s = 1 \quad ok$$

Se seleccionó una banda Tipo Ax24

Posicionamiento de los ejes del sistema de transmisión polea motriz moto reductor- polea conducida

Permite determinar cómo se encuentra ubicada las tensiones generadas por la banda seleccionada.

Al tener los ejes de las mismas medidas el cálculo servirá para obtener los resultados que servirán para los dos ejes, ya que es el mismo sistema de transmisión y soportan las mismas cargas.

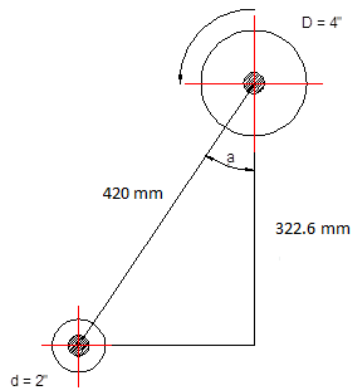


Figura 6.6: Diagrama de cuerpo libre de la posición de los ejes del sistema de transmisión

Fuente: Investigador (Fabricio Jácome)

Cálculo del ángulo α :

$$\cos \alpha = \frac{322.68}{420}$$

Ecuación 6.48

$$\alpha = \cos^{-1} = 0,768$$

$$\alpha = 39.79^\circ$$

- **Diseño de los ejes de la banda transportadora**
- **Eje motriz**

Se analizará:

- Como una viga apoyada en sus extremos
- Soportar esfuerzos por flexión y torsión debido a las cargas que actúan.

Cálculo del momento torsor de la polea de 4 in

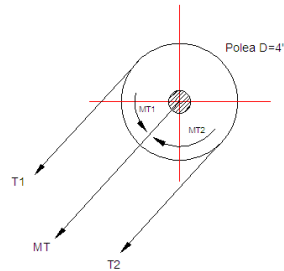


Figura 6.7: Diagrama de cuerpo libre del momento torsor.

Fuente: Investigador (Fabricio Jácome)

$$T1 = 297.33 \text{ lbf} = 135.15 \text{ Kgf}$$

$$T2 = 69.88 \text{ lbf} = 31.76 \text{ Kgf}$$

Según Shigley, J (1985) para el cálculo del momento torsor 1 aplica la siguiente ecuación:

$$M_{T1} = r * T1$$

Ecuación 6.49

Donde:

M_{T1} = momento torsor 1

R = distancia = 0.0508

T1 = Tensión mayor = 135.15 Kgf

$$M_{T1} = (0,0508) * (135.15)$$

$$M_{T1} = 6.86 \text{ kg.m}$$

Según Shigley, J (1985) para el cálculo del momento torsor 2 aplica la siguiente ecuación:

$$M_{T1} = r * T2$$

Ecuación 6.50

Donde:

M_{T2} = momento torsor 2

T2: Tensión Menor = 31.76 Kgf

r = distancia = 0.0508

$$M_{T2} = (0,0508) * (31.76 \text{ Kg})$$

$$M_{T2} = 1.61 \text{ Kg.m}$$

Según Shigley, J (1985) para el cálculo del momento torsor aplica la siguiente ecuación:

$$M_T = M_{T1} - M_{T2}$$

Ecuación 6.51

Donde:

M_T = momento torsor

M_{T1} = momento torsor 1

M_{T2} = momento torsor 2

$$M_T = 6.86 \text{ Kg.m} - 1.61 \text{ Kg.m}$$

$$M_T = 5.25 \text{ Kg.m}$$

$$M_T = 51.48 \text{ N.m}$$

Descomposición de tensiones en la banda

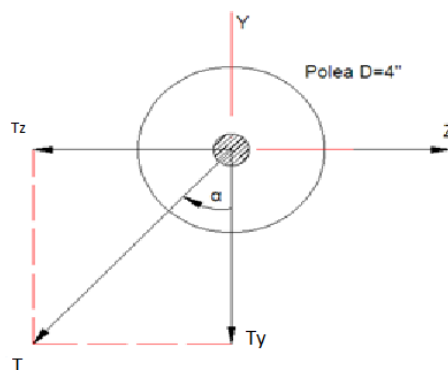


Figura 6.8: Diagrama de cuerpo libre de la descomposición de tensiones en las bandas

Fuente: Investigador (Jácome, F)

Según Shigley, J (1985) para el cálculo de la tensión en el eje y-z aplica la siguiente ecuación:

$$T = T_1 + T_2$$

Ecuación 6.5

Donde:

T1: Tensión mayor = 135.15 Kgf

T2: Tensión Menor = 31.76 Kgf

$$T = 135.15 \text{ Kg} + 31.76 \text{ Kg}$$

$$T = 166.91 \text{ Kg}$$

Según Shigley, J (1985) para el calcular las tensiones en el eje y-z aplica las siguientes ecuaciones:

$$\sin \alpha = \frac{T_z}{T}$$

$$\cos \alpha = \frac{T_y}{T}$$

$$T_z = \sin \alpha * T$$

$$T_y = \cos \alpha * T$$

$$T_z = \sin 39.79^\circ * 166.91 \text{ Kg}$$

$$T_y = \cos 39.79^\circ * 166.91 \text{ Kg}$$

$$T_z = 106.81 \text{ Kg}$$

$$T_y = 128.25 \text{ Kg}$$

- Planos (x-y)

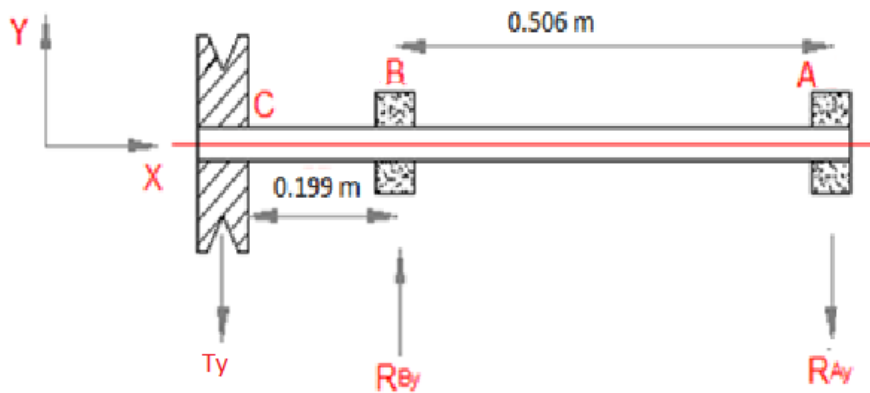


Figura 6.9: Diagrama de cuerpo libre de la descomposición de tensiones en las Bandas

Fuente: Investigador (Jácome, F)

Según Shigley, J (1985) para calcular las reacciones en el punto A aplica la siguiente sumatoria de momentos en el punto A.

$$T_y = 128.25 \text{ Kg}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-T_Y(0.705\text{m}) + R_{BY}(0.506\text{m}) = 0$$

Ecuación 6.53

$$R_{BY} = \frac{(128.25 \text{ Kg})(0.705\text{m})}{(0.506\text{m})}$$

$$R_{BY} = 178.68 \text{ Kg}$$

Sumatoria de tensiones en y

$$\Sigma T_Y = 0$$

$$-T_Y - R_{AY} + R_{BY} = 0$$

Ecuación 6.54

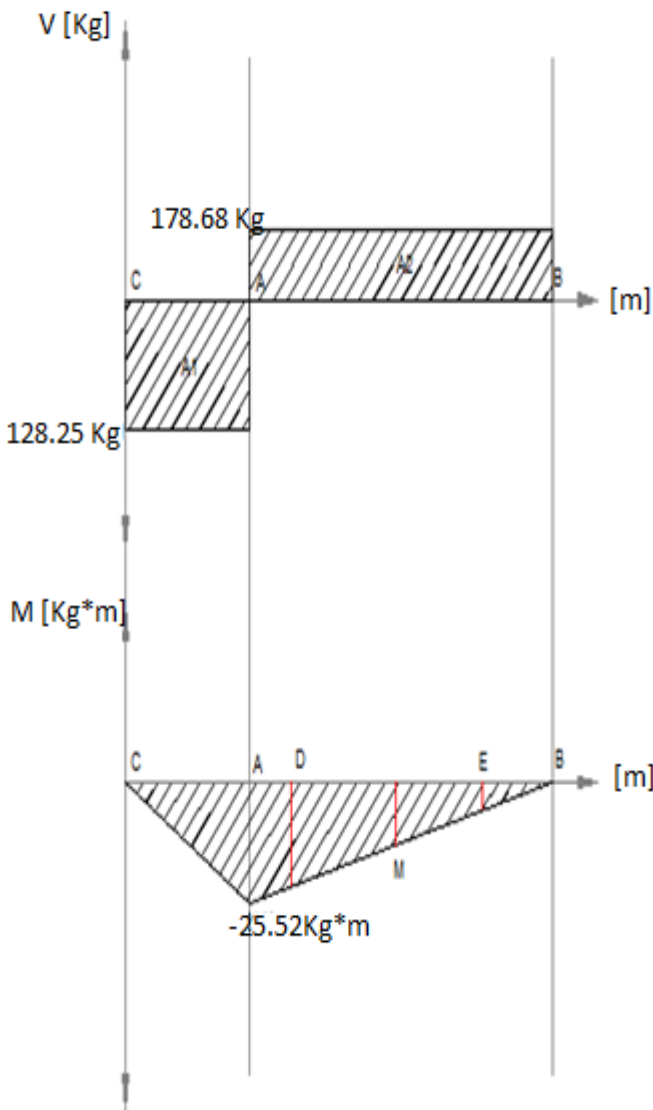
$$R_{AY} = -T_Y + R_{BY}$$

$$R_{AY} = -128.25 \text{ Kg} + 178.68 \text{ Kg}$$

$$R_{AY} = 50.43 \text{ Kg}$$

$$A_1 = (0.506\text{m})(50.43 \text{ Kg})$$

$$A_1 = 25.52 \text{ Kg. m}$$



$$A_2 = (0.199\text{m})(128.25 \text{ Kg})$$

$$A_2 = 25.52 \text{ Kg. m}$$

$$M_A = 0 \text{ Kg. m}$$

$$M_B = 0 - 25.52 \text{ Kg. m}$$

$$M_B = -25.52 \text{ Kg. m}$$

$$M_C = -25.52 + 25.520 \text{ Kg. m}$$

$$M_C = 0$$

$$\frac{-25.52}{0,506} = \frac{M_D}{0,099}$$

$$\frac{-25.52}{0,506} = \frac{M_E}{0,407}$$

$$M_D = -4.99 \text{ Kg. m}$$

$$M_E = -20.52 \text{ Kg. m}$$

$$\frac{-25.52}{0.506} = \frac{M_M}{0,253}$$

$$M_M = -12.76 \text{ Kg. m}$$

Figura 6.10: Diagrama de fuerza cortante y momento flector de la descomposición de tensiones en las bandas

Fuente: Investigador (Fabricio Jácome)

- Planos (x-z)

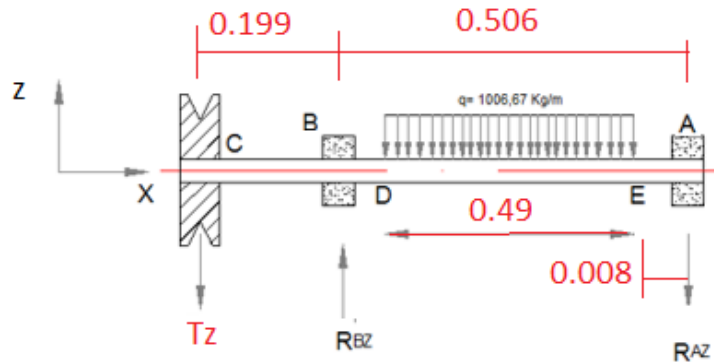


Figura 6.11: Diagrama de cuerpo libre de la descomposición de tensiones en las bandas

Fuente: Investigador (Jácome, F)

Según Shigley, J (1985) para calcular las reacciones en el punto A aplica la siguiente sumatoria de momentos en el punto A.

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-T_z(0.705) + R_{BZ}(0.506) - (1006.67)(0.490)(0.253) = 0$$

$$-(106.81)(0.705) + R_{BZ}(0.506) - 75.30 = 0$$

$$R_{BZ}(0.506) = 124.79 + 75.30$$

$$R_{BZ} = 395.43 \text{ Kg}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$-T_z + R_{AZ} - (1006.67)(0.49) + R_{BZ} = 0$$

$$-106.81 + R_{AZ} - 493.268 + 395.43 = 0$$

$$R_{AZ} = 493.268 - 395.43 + 106.81$$

$$R_{AZ} = 204.65 \text{ Kg}$$

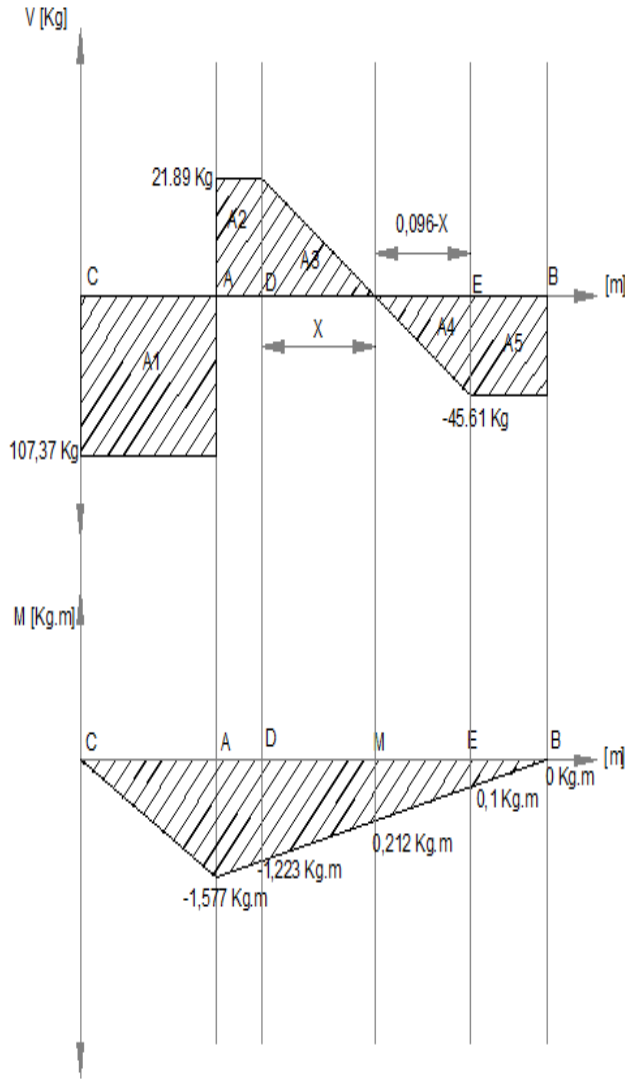
$$\frac{204.65}{X} = \frac{288.62}{0.490 - X}$$

$$100.27 - 204.65X = 288.62X$$

$$204.65X + 288.62X = 100.27$$

$$493.27X = 100.27$$

$$X = 0.203m$$



$$A_1 = (0,008m)(204.65Kg)$$

$$A_1 = 1.637 \text{ Kg. m}$$

$$A_2 = (0.203m)(204.65 \text{ Kg})/2$$

$$A_2 = 20.77 \text{ Kg. m}$$

$$A_3 = \frac{(0,287m)(288.62Kg)}{2}$$

$$A_3 = 41.41 \text{ Kg. m}$$

$$A_4 = (0.008)(288.62)$$

$$A_4 = 2.308 \text{ Kg. m}$$

$$A_5 = (0,199m)(106.81Kg)$$

$$A_5 = 21.255 \text{ Kg. m}$$

$$M_C = 0 \text{ Kg. m}$$

Figura 6.12: Diagrama de fuerza cortante y momento flector de la descomposición de tensiones en las bandas

Fuente: Investigador (Jácome, F)

$$M_A = 0 \text{ Kg. m}$$

$$M_D = 0 \text{ Kg. m} + 1.637 \text{ Kg. m}$$

$$M_M = 1.637 \text{ Kg. m} + 20.77 \text{ Kg. m}$$

$$M_E = 22.407 \text{ Kg. m} - 41.41 \text{ Kg. m}$$

$$M_D = 1.637 \text{ Kg. m}$$

$$M_M = 22.407 \text{ Kg. m}$$

$$M_E = -19.003 \text{ Kg. m}$$

$$M_B = -19.003 \text{ Kg. m} - 2.308 \text{ Kg. m}$$

$$M_C = -21.3 \text{ Kg. m} + 21.3 \text{ Kg. m}$$

$$M_B = -21.3 \text{ Kg. m}$$

$$M_C = 0 \text{ Kg. m}$$

- **Cálculo de momentos máximos.**

Ecuación libro de Joseph Shigley.

$$\vec{M}_A = 0 \vec{j} - 0 \vec{k}$$

Ecuación 6.55

$$\vec{M}_B = -25.52 \vec{j} - 21.30 \vec{k}$$

$$\vec{M}_C = 0 \vec{j} + 0 \vec{k}$$

$$\vec{M}_D = -4.99 \vec{j} + 1.637 \vec{k}$$

$$\vec{M}_E = -20.52 \vec{j} - 19.003 \vec{k}$$

$$\vec{M}_M = -12.76 + 22.407 \vec{k}$$

Cálculo del momento maximo

$$M_A = 32.20 \text{ Kg. m}$$

$$M_B = 0 \text{ Kg. m}$$

$$M_C = 0 \text{ Kg. m}$$

$$M_D = 22.66 \text{ Kg. m}$$

$$M_E = 24.71 \text{ Kg. m}$$

$$M_M = 25.21 \text{ Kg. m}$$

$$M_{MAXIMO} = 32.20 \text{ Kg. m}$$

- **Cálculo Diseño Estático**

Para realizar el diseño consideramos los siguientes parámetros

- Esfuerzos por Flexión y Torsión
- Asumimos un Factor de seguridad $n=2,5$
- El material AISI 1018; laminado en caliente el mas utilizado en nuestro mercado

Cálculo del Esfuerzo Máximo por Flexión

Según Shigley, J (1985) para el cálculo del esfuerzo máximo por flexión aplica la siguiente ecuación:

$$\sigma_x = \frac{32M}{\pi d^3} \quad \text{Ecuación 6.56}$$

Donde:

σ_x = Esfuerzo máximo

M = Momento máximo = 32.2 N.m

d = ?

$$\sigma_x = \frac{(32)(32.2)}{\pi d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{(327.98)}{d^3}$$

- Cálculo del Esfuerzo Máximo por Torsión.

Según Shigley, J (1985) para el cálculo del esfuerzo máximo por torsión aplica la siguiente ecuación:

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad \text{Ecuación 6.57}$$

Donde:

τ_{xy} = Esfuerzo máximo por torsión.

T = tensión del momento torsor = 51.48 N.m

$$\tau_{xy} = \frac{(16)(51.48 \text{ N.m})}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{262.18 \text{ N.m}}{d^3}$$

- Cálculo del esfuerzo aplicando la teoría de Von Mises

Para calcular el diámetro del eje se utilizará la Teoría de Von Mises ya que es la teoría más utilizada para materiales dúctiles y recomendada para estos diseños, debido a que no se conoce el diámetro del eje.

Según Shigley, J (1985) para el cálculo del esfuerzo de Von Mises aplica la siguiente ecuación:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

Ecuación 6.58

Donde:

σ' = Esfuerzo de Von Mises [MPa]

σx = Esfuerzo por flexión máximo [MPa]

τ_{xy} = Esfuerzo por torsión máximo [MPa]

$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{327.98}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{262.18}{d^3}\right)^2}$$

$$\sigma' = \frac{560.17}{d^3}$$

Según Shigley, J (1985) para calcular el diámetro del eje se utilizará la Teoría de Von Mises aplica la siguiente ecuación:

Donde:

S_y : Es el límite de fluencia del material = $220 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

n = factor de seguridad estatico asumido = 2.5

σ' = Esfuerzo de Von Mises [MPa]

$$\sigma' = \frac{560.17}{d^3}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$1,8 = \frac{220 \times 10^6}{\frac{560.17}{d^3}}$$

$$1,8 = \frac{220 \times 10^6 d^3}{560.17}$$

$$d^3 = \frac{(560.17)(2.5)}{220 \times 10^6}$$

$$d = 18.53 \text{ mm} \approx 19 \text{ mm}$$

- **Cálculo de diseño dinámico**

Diseño por resistencia a fatiga consideramos los siguientes parámetros funcionales.

- Trabaja 24 horas al día
- Asumimos un factor de seguridad = 1,8
- Suponemos que los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga es igual a 0,3 porque no se conoce el diámetro.

- **Cálculo de el límite de la resistencia a la fatiga en viga rotatoria**

Según Shigley, J (1985) para calcular el límite de la resistencia a la fatiga en viga rotatoria aplica la siguiente ecuación:

$$Se' = (0,5)Sut$$

Ecuación 6.59

Donde:

Se' : Resistencia ala fatiga en Viga rotatoria.

Sut : resistenciaa la tensión = 400 Mpa para un acero AISI 1018 laminado en caliente, leído anexo B9

$$Se' = (0,5)(400MPa)$$

$$Se' = 200MPa$$

- **Cálculo de el límite a la resistencia a la fatiga en viga**

Según Shigley, J (1985) para calcular el límite de la resistencia a la fatiga en viga aplica la siguiente ecuación:

$$Se = 0,3 * Se'$$

Ecuación 6.60

Donde:

Se: Resistencia a la fatiga en viga.

Se': Resistencia a la fatiga en Viga rotatoria= 200MPa

$$Se = 0,3 * 200MPa$$

$$Se = 60MPa$$

- **Cálculo de resistencia a la fatiga**

Según Shigley, J (1985) para calcular la constante **a** aplica la siguiente ecuación de la pg 277:

$$a = \frac{(f * Sut)^2}{Se}$$

Ecuación 6.61

Donde:

f = 0,9 cuando Sut < 70 Kpsi

Sut: resistencia a la tensión = 400 Mpa para un acero AISI 1018 laminado en caliente, leído anexo B9

Se: Resistencia a la fatiga en Viga = 60MPa

$$a = \frac{(0,9 * 400)^2}{60}$$

$$a = 2160 Mpa$$

Según Shigley, J (1985) para calcular la constante **b** aplica la siguiente ecuación :

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{f * Sut}{Se} \right)$$

Ecuación 6.62

Donde :

f = 0,9 cuando Sut < 70 Kpsi

Sut: resistencia a la tensión = 400 Mpa para un acero AISI 1018 laminado en caliente, leído anexo B9

Se: Resistencia a la fatiga en Viga = 60MPa

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{0,9 * 400}{60} \right)$$

$$b = -\frac{1}{3}\log(6)$$

$$b = -0,259$$

Según Shigley, J (1985) para calcular la resistencia a la fatiga aplica la siguiente ecuación:

$$Sf = aN^b$$

Ecuación 6.63

Donde :

N: número de ciclos =240480 ciclos

$$a = 2160 \text{ MPa}$$

$$b = -0,259$$

$$Sf = (2160 \text{ MPa})(240480)^{-0,259}$$

$$Sf = 87,2477 \text{ MPa}$$

Según Shigley, J (1985) para calcular El diámetro del eje por resistencia a fatiga aplica la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Sf\pi d^3}{32M}$$

Ecuación 6.64

Donde :

$$Sf = 87,2477 \text{ MPa}$$

n = factor de seguridad dinamica =1,8

$$32Mn = d^3Sf\pi$$

$$d^3 = \frac{(32)Mn}{Sf\pi}$$

$$d^3 = \frac{(32)(32,2 \text{ N.m})(1,8)}{(87,2477 \times 10^6)(\pi)}$$

$$d = 18.91 \text{ mm} \cong 19 \text{ mm}$$

- **Cálculo refinamiento con d=19mm**

Para el cálculo de los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga utilizaremos el diámetro calculado.

Según Shigley, J (1985) para calcular el factor de modificación de la condición superficial aplica la siguiente ecuación:

$$-Ka = a * Sut^b$$

Ecuación 6.65

Donde :

Factores:

$$\begin{matrix} a=4,51 \\ b=-0,265 \end{matrix} \quad \text{Acabados superficial anexo B10}$$

Sut: resistencia a la tensión = 400 Mpa para un acero AISI 1018 laminado en caliente, leído anexo B9

$$Ka = (4,51) * (400)MPa^{-0,265}$$

$$Ka = 0,917$$

Según Shigley, J (1985) para calcular el factor de modificación del tamaño aplica la siguiente ecuación:

$$-Kb = 0,879d^{-0,107}$$

Ecuación 6.66

Donde:

El factor de tamaño se evaluó en 133 conjuntos de puntos de datos. Los resultados para flexión y torsión

$$0.11 \leq d \leq 2$$

$$-Kb = 0,879 * (0,74)^{-0,107}$$

$$-Kb = 0,91$$

Factor de modificación carga

1 : flexion

0.85 : axial

0.59 : torsion

$K_c = 0,85$: Factor de modificación carga

Factor de temperatura

$K_d = 1$: Factor de Temperatura

Anexo B11

Factor de confiabilidad

$K_e = 0,897$: Factor de confiabilidad

Anexo B12

$K_f = 1$: Factor efectos Varios

Límite de resistencia a la fatiga

Según Shigley, J (1985) para calcular límite de resistencia a la fatiga aplica la siguiente ecuación:

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S_e'$$

Ecuación 6.67

$$S_e = (0,917) * (0,91) * (0,85) * (1) * (0,897) * (1) * (200 \text{ MPa})$$

$$S_e = 127,248 \text{ MPa}$$

Resistencia a la fatiga

Según Shigley, J (1985) para calcular la constante **a** aplica la siguiente ecuación :

$$a = \frac{(f * S_{ut})^2}{S_e}$$

Ecuación 6.68

Donde:

$f = 0,9$ cuando $S_{ut} < 70 \text{ Kpsi}$

S_{ut} : resistencia a la tensión = 400 Mpa para un acero AISI 1018 laminado en caliente, leído anexo B9

S_e : Resistencia ala fatiga en Viga = 127.248 MPa

$$a = \frac{(0,9 * 400)^2}{127.248}$$

$$a = 1018,48 \text{ MPa}$$

Según Shigley, J (1985) para calcular la constante **b** aplica la siguiente ecuación de la pg 277:

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{f * Sut}{Se} \right)$$

Ecuación 6.69

Donde :

f = 0,9 cuando Sut < 70 Kpsi

Sut: resistencia la tensión = 400 Mpa para un acero AISI 1018 laminado en caliente, leído anexo B9

Se: Resistencia ala fatiga en Viga = 127.248MPa

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{0,9 * 400}{127.248} \right)$$

$$b = -0,151$$

Según Shigley, J (1985) para calcular la resistencia a la fatiga aplica la siguiente ecuación 6.54:

$$Sf = aN^b$$

$$a = 1018,48 MPa$$

$$b = -0,151$$

$$Sf = (1018,48)(240480)^{-0,151}$$

$$Sf = 156,823 MPa$$

Cálculo del Factor de Seguridad

Según Shigley, J (1985) para calcular límite de resistencia a la fatiga aplica la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{Sf}{\sigma}$$

Ecuación 6.70

Donde :

$$\sigma_x = 52,96 MPa$$

$$Sf = 156,823 MPa$$

$$\eta = \frac{156,823 \text{ MPa}}{52,96 \text{ MPa}}$$

$$\eta = 2,96 \quad ok$$

Según Shigley, J (1985) Para evaluar la condición del material seleccionado se utilizará la teoría de falla por fatiga como es el Criterio de Goodman Modificado (Ecu. 6.72), debido a que es una teoría comúnmente utilizada por los diseñadores conservadores.

$$\text{Esfuerzo Medios: } \sigma_m = \sqrt{3\tau_{xy}} = \sqrt{3(15,69)} = 6,86 \text{ Mpa}$$

Ecuación 6.71

$$\text{Esfuerzo Alternante: } \sigma_a = \sigma_x = 52,96 \text{ Mpa}$$

$$\eta_f = \frac{1}{\frac{\sigma_a + \sigma_m}{S_e + S_{ut}}}$$

Ecuación 6.72

$$\eta_f = \frac{1}{\frac{52,96}{127,248} + \frac{6,86}{400}}$$

$$\eta_f = \frac{1}{0,433}$$

$$\eta_f = 2,3 \quad ok$$

Se selecciono un eje: de 19 mm de diametro osea de ¾ de plg laminado en caliente

Ya que es el eje que cumple con todos nuestros requerimientos de diseño.

6.6.6 CÁLCULOS NEUMÁTICOS

Cálculos del pistón de doble efecto



Según ROLDAN, J (2001) para calcular fuerza de fricción del paquete aplica la siguiente ecuación:

$$Fr = \mu * N$$

Ecuación 6.72

Donde:

$m = 5.009$ Kg masa del paquete

g : gravedad = 9.8 m/s^2

$\mu = 0.5$ coeficiente de rozamiento Anexo D2

Con el valor de la masa del paquete conocido calculamos el peso del paquete tomando en cuenta un factor de seguridad de 3 considerando la seguridad del operador y futuras adaptaciones al sistema.

$$m = 3 * 5.009$$

$$m = 15.027 \text{ Kg}$$

$$W = m * g$$

$$W = 15.027 * 9.8$$

$$W = 147.26 \text{ N}$$

Trasformando a Kgf:

$$W = 147.26 \text{ N} * \frac{1 \text{ Kgf}}{9.81 \text{ N}} = 15.011 \text{ Kgf}$$

$$Fr = \mu * N$$

$$Fr = 0.5 * 15.011$$

$$Fr = 7.5055 \text{ Kgf}$$

$$F_A = W + Fr$$

$$F_A = 15.011 + 7.5003$$

$$F_A = 22.51 \text{ Kgf}$$

- Cálculo del diámetro del émbolo del pistón

Según ROLDAN, J (2001) para calcular el diámetro del émbolo del Pistón aplica la siguiente ecuación:

$$F_A = R * P * \pi * \left(\frac{\emptyset^2 \text{ émbolo}}{4} \right)$$

Ecuación 6.73

Donde:

\emptyset_1 : del émbolo =D

P: Presión = 6.3 Kg/cm², presión asumida de acuerdo a la carrera necesaria para el empuje de las botellas presiones recomendadas en el catálogo de AINIV anexo B1

R: rendimiento del cilindro. Según ROLDAN, J (2001) recomienda que se utilice un factor de rendimiento de 0.95.

Despejando la ecuación 6.73

$$D^2 \text{ émbolo} = \frac{4 F_A}{P * \pi * R}$$

$$D = \sqrt{\frac{F_a * 4}{\pi * p * R}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 22.51}{\pi * 6.3 * 0.95}}$$

$$D = 2.1883 \text{ cm}$$

$$D = 21.88 \text{ mm}$$

Según el catálogo de AINIV anexo D1 el diámetro más cercano a nuestro cálculo es el de 32 mm para una carrera de 250 mm y Diámetro del vástago = 12.5mm el mismo que es requerida para nuestro diseño y son los más comerciales dentro del mercado nacional.

Recalculando con el diámetro establecido de 32 mm en la ecuación 6.73 tenemos que la fuerza será:

$$F_A = 0.95 * 6.3 * \pi * \left(\frac{(3.2)^2}{4} \right)$$

$$F_A = 48.13 \text{ Kgf}$$

- Cálculo de la fuerza teórica en el retroceso

Según ROLDAN, J (2001) para calcular la fuerza teórica en retroceso aplica la siguiente ecuación:

$$F_R = P * \left[\left(\pi * \frac{\emptyset_1^2 \text{ émbolo}}{4} \right) - \pi * \frac{\emptyset_2^2 \text{ vástago}}{4} \right]$$

Ecuación 6.74

Donde:

F_R = Fuerza teórica en retroceso

P Presión = 6.3 kgf/cm²

\emptyset_1 Diámetro del émbolo = 32 mm

\emptyset_2 Diámetro del vástago = 12.5mm

L Carrera = 250 mm

$$F_R = 6.3 * \frac{\pi}{4} (3.2^2 - 1.25^2)$$

$$F_R = 42.93 \text{ Kgf}$$

- **Consumo de aire en el recorrido de avance y retroceso**

Según ROLDAN, J (2001) para calcular el consumo de aire en el recorrido de avance y retroceso aplica la siguiente ecuación:

$$V_A = \left(\pi * \frac{\emptyset_1^2 \text{ émbolo}}{4} \right) * L$$

Ecuación 6.75

Donde:

V_A = Consumo de aire en el recorrido

\emptyset_1 Diámetro del émbolo = 3.2 cm

\emptyset_2 Diámetro del vástago = 1.25 cm

L Carrera = 25 cm

$$V_A = \left(\pi * \frac{3.2^2}{4} \right) * 25$$

$$V_A = 201.06 \text{ cm}^3$$

Según ROLDAN, J (2001) para calcular el consumo de aire en el recorrido de retroceso aplica la siguiente ecuación:

$$V_R = \left[\frac{\pi}{4} (\emptyset^2 \text{ émbolo} - \emptyset^2 \text{ vástago}) \right] L$$

Ecuación 6.76

$$V_R = \left[\frac{\pi}{4} (3.2^2 - 1.25^2) \right] 25$$

$$V_R = 170.38 \text{ cm}^3$$

6.6.7 DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE CONTROL Y POTENCIA.

En el circuito de control y potencia se debe tomar en cuenta ya que de éste depende un correcto funcionamiento de la máquina empacadora para la cual se toma en cuenta todos los procesos a realizar.

Para un correcto funcionamiento de la máquina empacadora de botellas a continuación se representa el diagrama de flujo del proceso, en el cual se puede observar la secuencia que siguen las operaciones que se realizan en la máquina empacadora en los cuales intervienen las variables establecidas en el siguiente cuadro de nomenclatura.

Posteriormente se realizará el diagrama de potencia y control, el diagrama neumático y la programación del PLC.

Tabla 6-4: Nomenclatura para identificación de las variables de salida

| Nomenclatura para identificación de las variables de entrada | | |
|--|----------------------------|----------------|
| Denominación | Descripción | Bit de entrada |
| S ₀ | Paro | 0.01 |
| S ₁ | Marcha | 0.00 |
| S ₂ | Controlador de temperatura | 0.07 |
| S ₃ | Pulsador sellado | 0.06 |
| S ₄ | Sensor magneticoP1 | 0.03 |
| S ₅ | Sensor magneticoP2 | 0.05 |
| S ₆ | Sensor magneticoP2 | 0.04 |
| S ₇ | Sensor magneticoP1 | 0.02 |

Tabla 6-5: Nomenclatura para salidas para el PLC's

| Nomenclatura para identificación de las variables de salida | | |
|---|----------------------|---------------|
| Denominación | Descripción | Bit de salida |
| K1 | Encendido Niquelinas | 100.00 |
| K2 | Encendido motor | 100.01 |
| EV1 | Electroválvula 2 | 100.02 |
| EV2 | Electroválvula 1 | 100.03 |
| K3 | NICROM | 100.04 |

Tabla 6-6 : Nomenclatura de variables

| Denominación | Descripción |
|--------------|---|
| S8 | Paro de emergencia |
| CQMI | PLC's |
| A6 | Variador de Frecuencia |
| G1 | Fuente a 220 a 24 V |
| H0 | Luz piloto de paro de emergencia |
| H1 | Luz piloto de niquelinas |
| H2 | Luz piloto de encendido del motor |
| H3 | Luz piloto del pistón 1 |
| H4 | Luz piloto del pistón 2 |
| H5 | Luz piloto del encendido de la niquelina de corte |
| M1 | Motor |

Diagrama de flujo del proceso de la máquina empacadora Termoencogible

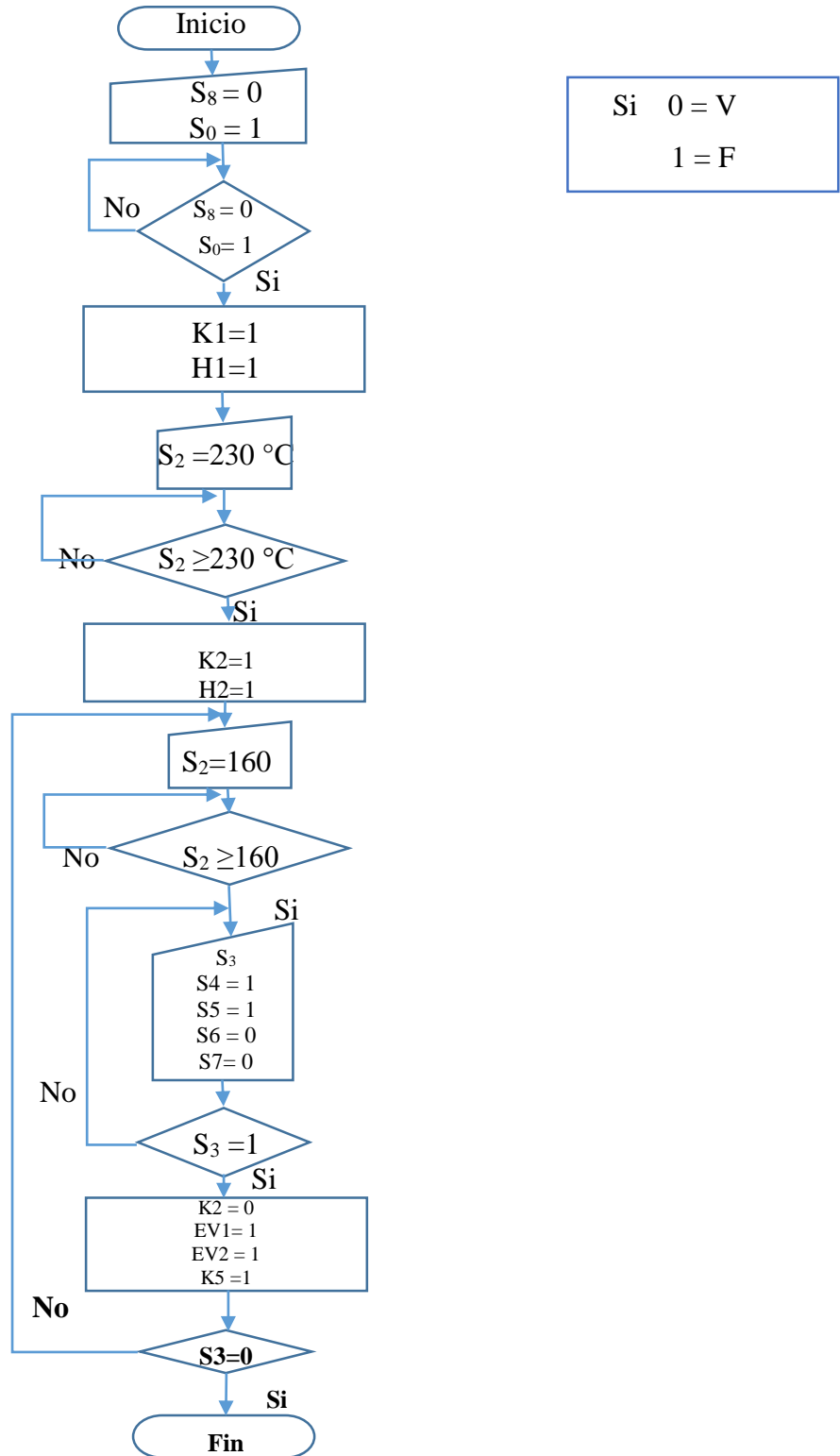


Figura 6.13: Lógica de funcionamiento

SISTEMA ELÉCTRICO.

El sistema eléctrico es una parte fundamental que se responsabiliza de un correcto funcionamiento de la máquina empacadora.-Además se utilizó equipos del laboratorio de automatización y control como son:

-Variador de Frecuencia

El variador de frecuencia es el que ayuda a controlar la velocidad del motor para un adecuado transporte hacia la cámara térmica, dicho variador fue seleccionado de acuerdo a las necesidades del torque del motor el cual se encuentra en el laboratorio de automatización y control de la carrera de ingeniería mecánica.



Figura 6.14: Variador de Frecuencia 363

Fuente: Investigador (Jácome, F)

Tabla 6-7 : Características del Variador de frecuencia

| SYSDRIVE 3G3EV | |
|--|--------------------------------|
| ITEM | MODELOS |
| | |
| Peso | 1.3(Kg) |
| Tensión de Entrada | Trifásica (220V) |
| Tensión de Salida Nominal | Trifásica (200 a 230 V) |
| Temperatura de Operación | - 10°C a 50°C |
| Frecuencia Máxima | 400 (HZ) |
| Humedad | 90% o menor (sin condensación) |
| Lugar de Instalación | Afuera |
| ESPECIFICACIONES | |
| Tipo de Instalación | A (Montaje en Panel) |
| En | 2 (Entrada Trifásica 220 V) |
| Capacidad Máxima del Motor Aplicable | 007 (1.1 Kw) |
| | 013 (1.5 Kw) |
| Variador del sistema de transportación de botellas | |
| Variador del sistema de giro de las botellas | |

Fuente: Investigador (Jácome,F)

PLC (Controlador Lógico Programable).

El PLC es un equipo en el cual nos permite guardar información para realizar procesos de automatización el cual se seleccionó de acuerdo a las necesidades de la máquina empaadora.



Figura 6.15: Sysmac PLC CQM1

Fuente: Investigador (Jácome, F)

- **Diagrama de conexión del plc's.**

Para determinar los componentes del circuito de control se debe revisar el diagrama y tener en cuenta la corriente de accionamiento de cada uno de ellos.

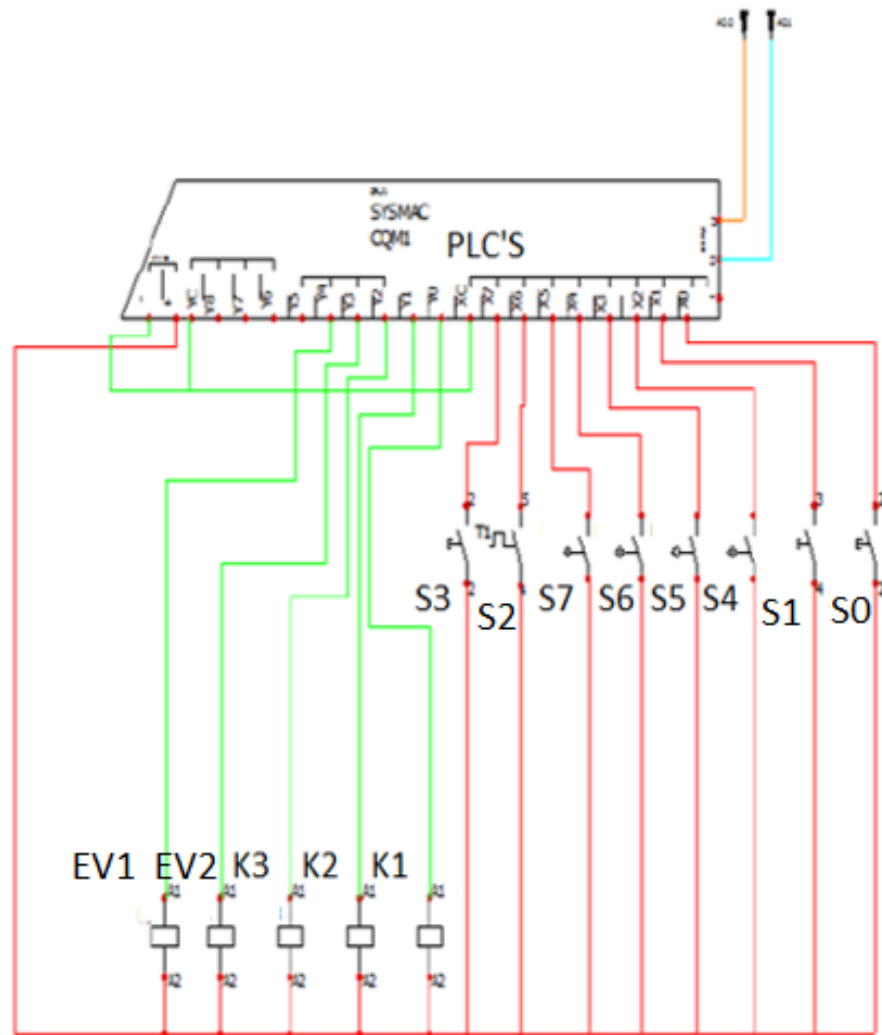


Figura 6.16: Circuito de control

Fuente: El Autor (Jácome, F)

- **Circuito de Potencia**

Para determinar los componentes del circuito de control se debe revisar el diagrama y tener en cuenta la corriente de accionamiento.

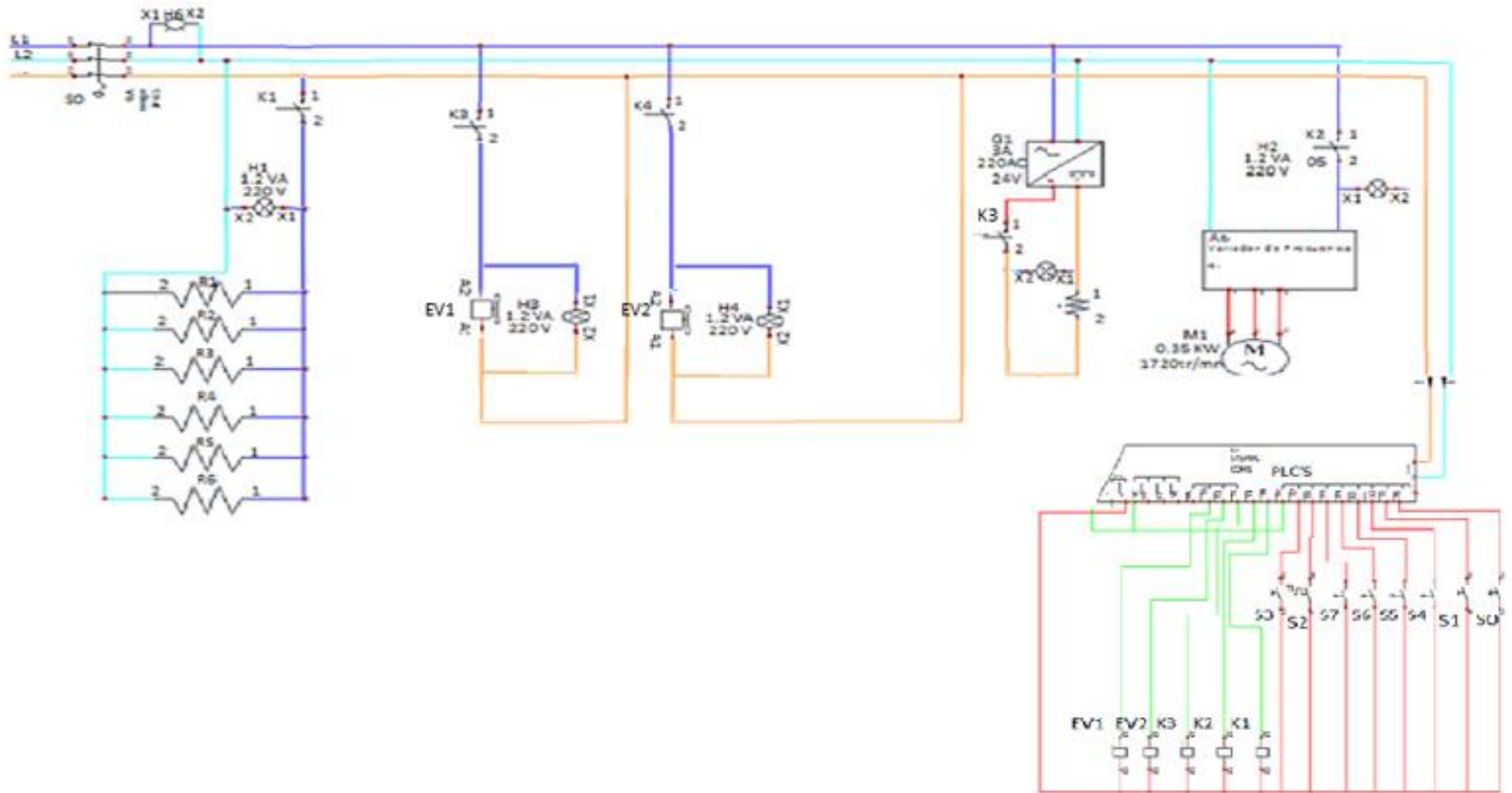


Figura 6.17: Circuito de control y Potencia

Fuente: El Autor (Jácome, F)

- **DIAGRAMA NEUMÁTICO DEL PROTOTIPO DE EMBOTELADORA**

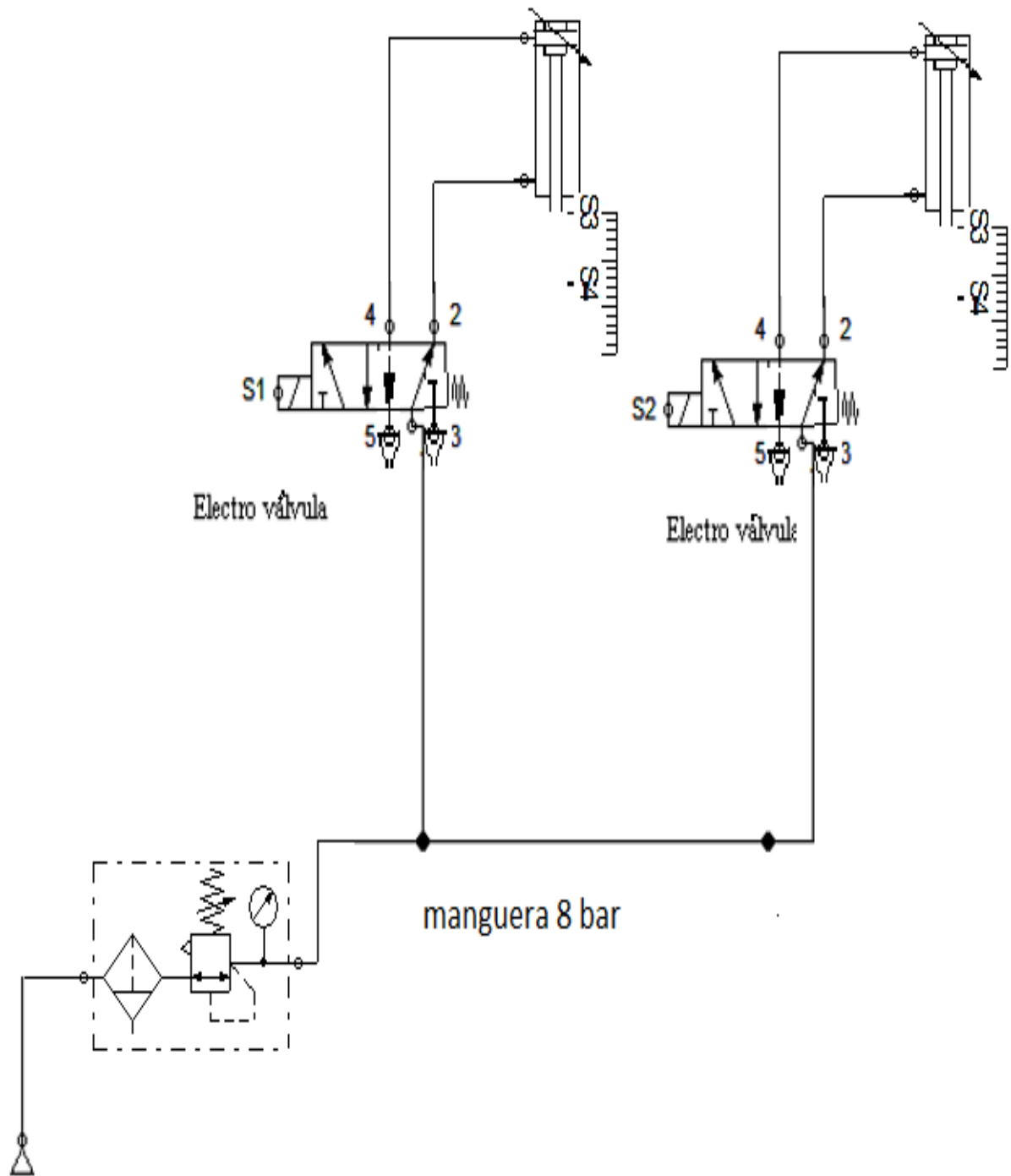


Figura 6.18: Diagrama Neumático

Fuente: Investigador (Jácome F)

6.7 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

La metodología utilizada en el proyecto se describe a continuación:

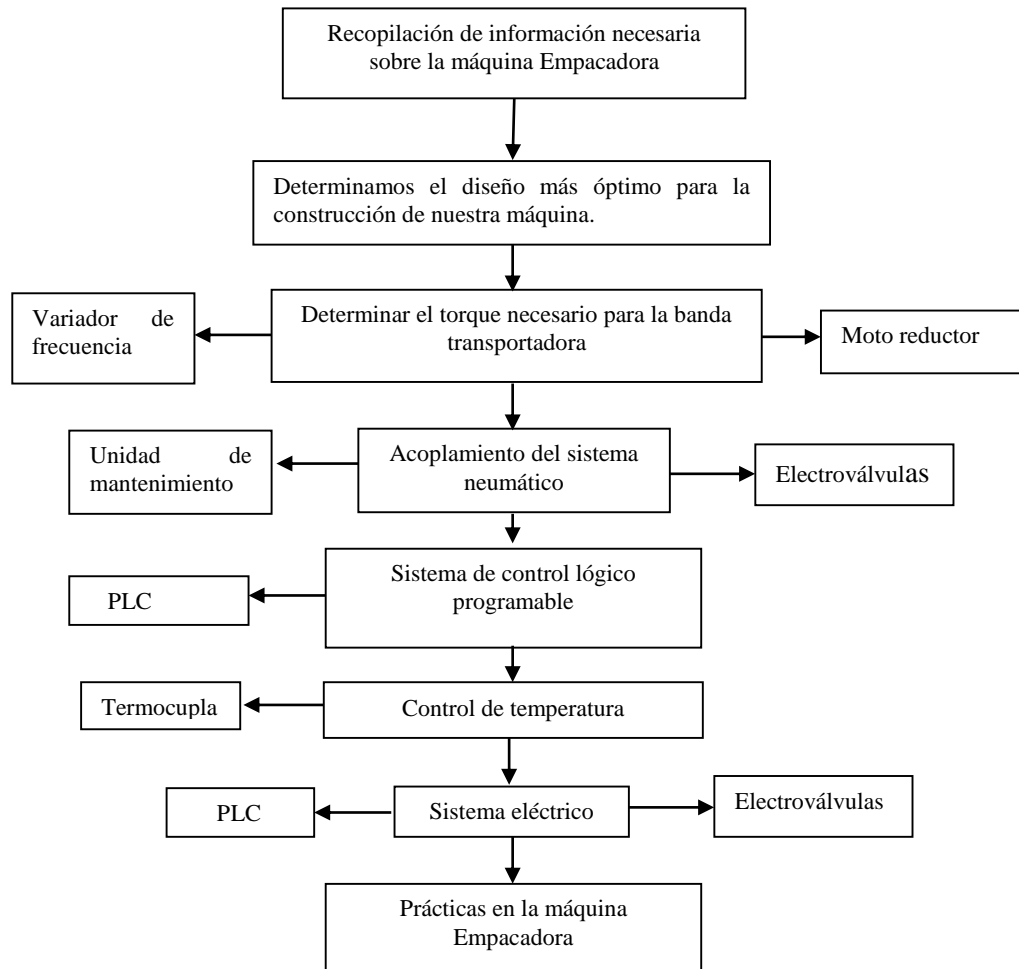


Figura 6.19: Metodología de la investigación

Fuente: El Autor (Jácome, F)

6.8 ADMINISTRACIÓN

En esta parte abarca los costos totales que se invirtió en la máquina empacadora Termoencogible, tanto en materiales como en equipos que forman parte de la empacadora para su adecuado funcionamiento y construcción

6.8.1 COSTOS MATERIALES

A continuación en la tabla esta la descripción de cada material utilizado para la construcción de la empacadora los mismos que se dividen en mecánicos y eléctricos.

Tabla 6-8: Materiales Mecánicos

| N° | DESCRIPCIÓN | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL \$ |
|----|------------------------------------|------------------|----------|-----------------|-----------------|
| 1 | Tol galvanizado de 3 mm | U | 4 | 40.00 | 160 |
| 2 | Banda | U | 3 | 15.00 | 45.00 |
| 4 | Banda transportadora 192X4.2 mm | U | 1 | 90 | 90.00 |
| 5 | Eje de $\frac{3}{4}$ | U | 4 | 5 | 20 |
| 6 | Eje de acero 1020 1" | cm | 110 | 0.50 | 21.00 |
| 7 | Fondo | Lt | 2 | 7.00 | 14.00 |
| 8 | Manguera plástica de 6 mm | M | 3 | 1.30 | 3.90 |
| 9 | Manguera plástica de 8 mm | M | 5 | 2.00 | 10.00 |
| 10 | Masilla | K | 1 | 6.25 | 6.25 |
| 11 | Perno Alen 12X100 avellanado | U | 2 | 2.65 | 5.30 |
| 12 | Perno de 13X250 mm | U | 2 | 10.00 | 20.00 |
| 13 | Pernos Alen de 1/4X4 | U | 16 | 0.50 | 8.00 |
| 14 | Pernos de 1/4X4 galvanizados | U | 5 | 0.50 | 2.50 |

Continuación de la tabla 6-8

| | | | | | |
|----|--------------------------------------|----|-----|-------|--------|
| 15 | Pernos de 6X30 galvanizados | U | 10 | 1.00 | 10.00 |
| 16 | Pernos de 8X150 mm galvanizado | U | 2 | 5.50 | 11.00 |
| 17 | Pintura azul | Lt | 1 | 15.00 | 15.00 |
| 18 | Pintura color azul poliuretano | Lt | 2 | 34.00 | 68 |
| 19 | Pintura ploma | Lt | 1.5 | 15.00 | 22.50 |
| 20 | Plancha de tol galvanizado 1.20x2.40 | U | 1 | 65.00 | 65.00 |
| 21 | Platina de 12X3 | U | 1 | 7.00 | 7.00 |
| 22 | Platina d 25x3 | U | 1 | 10.00 | 10.00 |
| 23 | Platina de 65x6 | U | 1 | 50.00 | 50.00 |
| 24 | Polea A 2" | U | 1 | 4.00 | 4.00 |
| 25 | Polea A 2.5" | U | 1 | 5.00 | 5.00 |
| 26 | Polea A 5" | U | 2 | 10.00 | 20.00 |
| 27 | Polea A 8" | U | 1 | 16.00 | 16.00 |
| 28 | Racor reductor de 8 6 | U | 1 | 3.50 | 3.50 |
| 29 | Racores 6 mm | U | 3 | 1.50 | 4.50 |
| | | | | Total | 917.45 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Tabla 6-9: Materiales Eléctricos

| N° | DESCRIPCIÓN | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO \$ | PRECIO TOTAL \$ |
|----|---------------------|------------------|----------|--------------------|-----------------|
| 1 | Alambre N° 14 azul | M | 5 | 1.00 | 5.00 |
| 2 | Alambre N° 14 rojo | M | 5 | 1.00 | 5.00 |
| 3 | Alambre N° 14 verde | M | 5 | 1.00 | 5.00 |
| 4 | Alambre N° 16 azul | M | 10 | 1.25 | 12.50 |
| 5 | Alambre N° 16 rojo | M | 10 | 1.25 | 12.50 |
| 6 | Alambre N° 16 verde | M | 10 | 1.25 | 12.50 |

Continuación de la tabla 6-9

| | | | | | |
|----|---------------------------------|---|-----|-----------------|------------|
| 7 | Breker trifásico | U | 1 | 17.50 | 17.50 |
| 8 | Cable Multipar N° 20 de 6 hilos | M | 7 | 3.00 | 21.00 |
| 9 | Cable Multipar N° 14 de 3 hilos | M | 6 | 7.00 | 42.00 |
| 10 | Canaleta 15X10 | U | 1 | 3.00 | 3.00 |
| 11 | Canaleta Industrial de 25X25 mm | U | 2 | 6.00 | 12.00 |
| 12 | Conector macho trifásico | U | 1 | 6.50 | 6.50 |
| 13 | Electroválvula | U | 2 | 40.00 | 80.00 |
| 14 | Luces piloto 24 v | U | 4 | 5.00 | 20 |
| 16 | Motor DE 1/2 HP 1720 RPM | U | 1 | 130.00 | 130.00 |
| 17 | Potenciómetro 10 k | U | 1 | 1.50 | 1.50 |
| 18 | Pulsador paro de emergencia | U | 1 | 7.00 | 7.00 |
| 19 | Pulsadores | U | 3 | 3.50 | 10.50 |
| 20 | Relé 220 v | U | 4 | 25.00 | 100 |
| 21 | Terminales en U alambre 16 | U | 50 | 0.25 | 12.50 |
| 22 | Terminales Planos alambre 16 | U | 20 | 0.25 | 5.00 |
| 23 | Terminales Planos alambre 18 | U | 100 | 0.06 | 6.00 |
| | | | | SUBTOTAL | 527 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Tabla 6-10: Mecánicos + Eléctricos

| | | | |
|-------------------------------------|--------|-----|----------------|
| TOTAL MECÁNICOS + ELÉCTRICOS | 917.45 | 527 | 1444.45 |
|-------------------------------------|--------|-----|----------------|

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Tabla 6-11: Costos Varios

| N° | Descripción | Unidad De Medida | Cantidad | Precio Unitario \$ | Precio Total \$ |
|----|----------------------|------------------|----------|--------------------|-----------------|
| 1 | CD | Docena | 1 | 7.00 | 7.00 |
| 2 | Hojas | Resmas | 4 | 5.00 | 20.00 |
| 3 | Impresiones por hoja | Resmas | 3 | 50.00 | 150.00 |
| 4 | Internet | Hora | 30 | 0.90 | 27.00 |
| 5 | Tintas | Sistema | 1 | 80.00 | 80.00 |
| | | | | Total | 284.00 |

| Servicios básicos e imprevistos | | | | | |
|--|--------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------|------------------------|
| N° | Descripción | Unidad De Medida | Cantidad | Precio Unitario \$ | Precio Total \$ |
| 1 | Almuerzos | Unidad | 300 | 2.75 | 825.00 |
| 2 | Luz | Kilovatio | 24 | 10 | 240.00 |
| 3 | Combustible | Litros | 12 | 10.00 | 120.00 |
| 4 | Imprevistos | | | | 150 |
| SUBTOTAL | | | | | 1335.00 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Tabla 6-12: Total Suministros

| | | | |
|---|-----|------|----------------|
| Total Suministros De Oficina + Servicios Básicos | 284 | 1335 | 1619.00 |
|---|-----|------|----------------|

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Tabla 6-13: Costo Total

| Descripción | Valor |
|--|--------------|
| Total Mecánicos + Eléctricos | 1444.45 |
| Total Suministros de Oficina + Servicios Básicos | 1619.00 |
| Total | 3063.45 |

Fuente: El Autor (Jácome, F)

6.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.9.1 CONCLUSIONES.

- Se trabaja a diferentes velocidades dentro de rangos de 5Hz -20Hz por el variador de frecuencia, pudiendo trasladar el paquete de botellas hacia la cámara térmica de forma moderada para evitar inestabilidad en las botellas al momento del transporte.

- Con la implementación del sistema de empaçado de botellas se comprueba que el prototipo diseñado y construido trabaja 8 horas y produce 486 paquetes el cual se ajusta a las exigencias del prototipo de embotelladora mejorando así la producción.
- La producción de la empaçadora de botellas reduce el tiempo de empaçado de las botellas en un solo paquete en un tiempo de 59 segundos de sellado con respecto a un empaçado manual de 95 segundos.

6.9.2 RECOMENDACIONES.

- Verificar que los circuitos electrónicos estén aislados correctamente para la activación de la máquina.
- Para un buen funcionamiento implementar un sistema de abertura de puertas automáticas para un sellado eficaz en la cámara térmica.
- Las botellas que se van a empaçar deben estar colocadas en una forma correcta, caso contrario los envases perderán estabilidad y perderán equilibrio el cual tendería a caerse durante la operación.
- No trabajar fuera del rango de velocidades establecidas porque los envases a empaçar pierden estabilidad y se caen durante el transporte.

6.10 PREVISIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La máquina empaçadora tiene como fin mejorar los resultados en base a la propuesta.

La máquina empaçadora se construyó para formar parte y completar el prototipo de embotelladora del área de Automatización y Control de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

En un futuro se espera que en el Laboratorio de Control y Automatización se implementen más equipos con la finalidad de fortalecer el aprendizaje de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

Mantenimiento y seguridad

- Regular el sistema de la cámara térmica de acuerdo a la temperatura establecida por medio del controlador de temperatura para poder accionar la banda y seguir el proceso.

- Periódicamente revisar los elementos neumáticos para un buen funcionamiento de los pistones neumáticos.

- Revisar el voltaje necesario para sus componentes eléctricos que necesita la maquina empacadora.

BIBLIOGRAFÍA

- BERRO, D. (2009). Trabajo ciencia y tecnología y sociedad actual, Editorial (Sexta ed.). El cid.
- Cabrera, S. (2010). Guía de módulo Neumática y Oleo hidráulica.
- Cartilla. (2003). empaques y embalajes para exportacion.
- CREUS, A. (2007). Neumática e hidráulica.
- DURÁN, F. A. (2007). Ingeniería de Métodos.
- DURAN.María. (2006). equipo de tratamiento termico.
- Fourier, J. (1980). conceptos de ingenieria mecánica .
- GONZALES, J. M. (2004). Procesos Industriales. La empresa productiva.
- Lewis, G. N. (1.961). Thermodynamics. McGraw Hill.
- Matamoros, H. (2011, Febrero). Revista Somos Meca trónica.
- MONROY, G. (2008). sistemas de control .
- Niebel, B. (1979). Ingeniería Industrial Estudios de Tiempos y Movimientos (Séptima ed.). Española: Aguiar.
- Ogata, K. (1998). Ingeniería de Control Moderno. Pearson Education.
- Sighley, J. (1985). Diseño en Ingeniería Mecánica (Cuarta ed.). México: Mc Graw Hill.
- VALENTINA, S. (1998). catálogo-industrial.
- W.Bolton. (2006). Sistemas de Control en Ingeniería Mecánica (Segunda ed.). Alfaomega.
- ROLDAN, J., (2001). Prontuario de Neumática Industrial, Paraninfo s.a.
- RONALD E. MAYANCELA C., (2004). Diseño de un Tunel de Termocontracción para Películas Termoencogibles usado en el Embalaje de Productos.
- DORIAN G. ÁLVAREZ C.,(2014). Estudio de embalaje de productos con película termoencogible pvc en la empresa leito para reducir tiempo de producción.
- DONALD Q. KERN (1999), “Procesos de transferencia de calor”, Editorial Continental, México.
- INCROPERA P. FRANK (1999), “Fundamentos de transferencia de calor”, México.

- URQUIZA J. ASTIGARRAGA (1999), “Hornos industriales de resistencias”, Mc

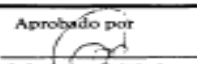
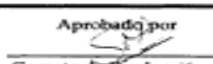
- YUNUS A. ÇENGEL (2007), “Transferencia de calor y masa”, Tercera Edición Mc
Graw Hill, México.

ANEXOS

ANEXOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Anexo A1

Características del polietileno

| plasti-empaques | | ESPECIFICACIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES | |
|--|-----------------------|---|------------|
| PRODUCTO | Lámina termoencogible | | |
| USO: | Envoltura para colas | | |
| DESCRIPCIÓN: | PEBD natural | | |
| ESTRUCTURA: | PEBD NAT. (Monocapa) | | |
| CLIENTE: | BEBIDAS DEL PACÍFICO | | |
| FECHA: | Noviembre 4 del 2004 | | |
| PE-ASG-FR-024 | | | |
| VARIABLE | UNIDAD | ESTANDAR | TOLERANCIA |
| Espesor de la película PEBD Natural | múcras | 65 | +/-10% |
| Gramaje de la película PEBD Natural | g/m ² | 60.13 | +/-10% |
| Peso del rollo | Kg | 30 | +/-1 |
| Ancho de lámina | mm | 460 | +/-3 |
| Largo de lámina | metros | 1050 | +2 |
| Diámetro del rollo | mm | 330 | +/-10 |
| Diámetro externo del núcleo | mm | 90 | +/-2 |
| Diámetro interno del núcleo | mm | 76 | +/-2 |
| Rango de temperatura de sellado | °C | | 205-220 |
| ASEGURAMIENTO DE CALIDAD | | | |
| Nivel de Aceptación de Calidad (A.Q.L.) | | | |
| Defectos críticos | 1% | | |
| Defectos mayores | 2.50% | | |
| Defectos menores | 6.50% | | |
| DEFINICIONES | | | |
| Defectos críticos: Defectos que hacen inútil el uso del empaque. | | | |
| Defectos mayores: Afecta apariencia del empaque, pero no reduce mayormente su utilidad | | | |
| Defectos menores: No afectan mayormente a la apariencia de empaque | | | |
| Nivel de inspección: Normal | | | |
| ROTULADO: Los rollos son empacados, con una etiqueta de APROBADO con los siguientes datos: | | | |
| O. Pedido | Cliente | Peso Neto | Ancho |
| Producto | Código | Peso Bruto | No. rollo |
| | | | Máquina |
| | | | Operador |
| | | | Fecha |
| | | | Inspector |
| FORMA DE PRESENTACIÓN: | | | |
| Rollos: Cada unidad es protegida con gorro de polietileno natural | | | |
| Empacado: Envuelto en polietileno | | | |
| Tipo de pallet: 1.2 x 1.0 m Identificados "PLASTIEMPAQUES" | | | |
| Rollos por piso: 9 rollos por piso | | | |
| Pisos por pallet: 2 pisos por pallet | | | |
| ALMACENAMIENTO: Los rollos se deben almacenar en un lugar techado, cerrado, bien ventilado | | | |
| evitar el sol directo, la humedad, el excesivo calor, evitar colocar cerca de productos con aroma o suciedad | | | |
| se debe almacenar a temperatura ambiente que no exceda a los 40°C, se estiban en pallet de dos pisos | | | |
| en posición vertical | | | |
| Aprobado por | | Aprobado por | |
|  | |  | |
| Jefe Aség. Calidad | | Gerente de Producción | |
| GUAYAQUIL: Km. 1.5 Vía Durán-Tambo • PBX:(593-4) 2801600-2800225 • Fax:(593-4) 2800081 QUITO: Panamericana Norte Km. 6 1/2 Av. Galo Plaza Lasso 143-N72 y Enrique Gaeremero Portilla • Tel.:(593-2) 22470-671 <small>e-mail: nlaclatam@nlaclatam.com nlaclatam@nlaclatam.com</small> | | | |

Fuente: Plasti Empaques

Anexo A2

Características del polietileno

POLIETILENO BAJA DENSIDAD

Descripción General:

Termoplástico comercial, semicristalino (un 50% típicamente), blanquecino, blando, flexible y tenaz - incluso a temperaturas bajas - con excelentes propiedades eléctricas pero una resistencia a las temperaturas débil. Su resistencia química también es muy buena pero es propenso al agrietamiento bajo carga ambiental, su resistencia a los rayos UV es mediocre y tiene propiedades de protección débiles, salvo con el agua.

Sus aplicaciones incluyen contenedores, recubrimientos químicamente resistentes, películas (transparentes cuando son delgadas) para el embalaje etc. así como aislamientos de cables eléctricos y núcleos de cables UHF.

Propiedades Eléctricas

| | |
|---|-----------------------|
| Constante Dieléctrica @1MHz | 2,2-2,35 |
| Factor de Disipación a 1 MHz | $1-10 \times 10^{-4}$ |
| Resistencia Dieléctrica (kV mm ⁻¹) | 27 |
| Resistividad Superficial (Ohm/sq) | 10^{13} |
| Resistividad de Volumen (Ohmcm) | $10^{15}-10^{18}$ |

Propiedades Físicas

| | |
|---------------------------------------|-------------|
| Absorción de Agua - en 24 horas (%) | <0,015 |
| <u>Densidad (g cm⁻³)</u> | <u>0.92</u> |
| Índice Refractivo | 1,51 |
| Índice de Oxígeno Límite (%) | 17 |
| Inflamabilidad | HB |
| Resistencia a la Radiación | Aceptable |
| Resistencia a los Ultra-violetas | Mala |

Propiedades Mecánicas

| | |
|---|----------------|
| Alargamiento a la Rotura (%) | 400 |
| Dureza - Rockwell | D41-46 - Shore |
| Módulo de Tracción (GPa) | 0,1-0,3 |
| Resistencia a la Tracción (MPa) | 5-25 |
| Resistencia al Impacto Izod (J m ⁻¹) | >1000 |

Fuente: Plasti Empaques

Propiedades Térmicas

| | |
|---|-----------|
| Calor Específico (J K ⁻¹ kg ⁻¹) | 1900 |
| Coefficiente de Expansión Térmica (x10 ⁻⁶ K ⁻¹) | 100-200 |
| Conductividad Térmica a 23C (W m ⁻¹ K ⁻¹) | 0,45-0,52 |
| Temperatura Máxima de Utilización (C) | 55-120 |
| Temperatura de Deflexión en Caliente - 0.45MPa (C) | 75 |
| Temperatura de Deflexión en Caliente - 1.8MPa (C) | 46 |

Resistencia Química

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Acidos - concentrados | Buena-Aceptable |
| Acidos - diluidos | Buena |
| Alcalís | Buena |
| Alcoholes | Buena |
| Cetonas | Buena-Aceptable |
| Grasas y Aceites | Buena-Aceptable |
| Halógenos | Aceptable-Buena |
| Hidro-carbonios halógenos | Aceptable-Buena |
| Hidrocarburos Aromáticos | Aceptable |

Propiedades para Película de Polietileno - Alta Densidad

| Propiedad | | Valor |
|--|---|--------------|
| Permeabilidad al Agua @25C | x10 ⁻¹³ cm ³ . cm cm ⁻² s ⁻¹ Pa ⁻¹ | 10 |
| Permeabilidad al Agua @38C | x10 ⁻¹³ cm ³ . cm cm ⁻² s ⁻¹ Pa ⁻¹ | 40 |
| Permeabilidad al Dióxido de Carbono @25C | x10 ⁻¹³ cm ³ . cm cm ⁻² s ⁻¹ Pa ⁻¹ | 0,3/2 |
| Permeabilidad al Hidrógeno @25C | x10 ⁻¹³ cm ³ . cm cm ⁻² s ⁻¹ Pa ⁻¹ | 2 |
| Permeabilidad al Nitrógeno @25C | x10 ⁻¹³ cm ³ . cm cm ⁻² s ⁻¹ Pa ⁻¹ | 0,1 |
| Permeabilidad al Oxígeno @25C | x10 ⁻¹³ cm ³ . cm cm ⁻² s ⁻¹ Pa ⁻¹ | 0,4 |

Fuente: Plasti Empaques

Anexo A3

Características del PET

| Nombre Comercial |
|---|
| Ipet Arnite Celanex Crastin Durester Eastar Mylar Ertalite Grippet Impet Melinite Novatron Orgater Petlon Pibiter Pocan Rynite Sustadur Tecadur Techster Tenite Ultradur Valox Vestodur Vivak |
| Formulaciones |
| PET T / PET TX Lubricantes Solidos / |

| Características Generales | | | |
|--|------------|---------------------|------------------------------------|
| Densidad pet | ISO 1183 | 1,34 | g/cm ³ |
| Absorción de agua | DIN 53495 | 0,2 | % |
| Resistencia química | DIN 53476 | - | - |
| Temperatura de uso continuo | -- | -- | -- |
| (sin fuerte sollicitación mecánica) | -- | -- | -- |
| límite superior | - | 110 | °C |
| límite inferior | - | -40 | °C |
| -- | -- | -- | -- |
| Tensión de fluencia | ISO 527 | - | MPa |
| Alargamiento de fluencia | ISO 527 | - | % |
| Resistencia a la tracción | ISO 527 | 81 | MPa |
| Alargamiento de rotura | ISO 527 | 70 | % |
| Resistencia a golpes | ISO 179 | nada señalable | kJ/m ² |
| Resiliencia | ISO 179 | - | kJ/m ² |
| Dureza a la indentación de bola (Hk) /Rockwell | ISO 2039-1 | 145 | MPa |
| Resistencia a la flexión (sB 3,5%) | ISO 178 | - | MPa |
| Módulo de elasticidad | ISO 527 | 2800 | MPa |
| -- | -- | -- | -- |
| Temperatura de ablandamiento de Vicat VST/B/50 | ISO 306 | - | °C |
| VST/A/50 | -- | - | °C |
| Temperatura de deformabilidad por calor HDT/B | ISO 75 | 170 | °C |
| HDT/A | -- | 95 | °C |
| Coefficiente de dilatación térmica | DIN 53752 | 0,8 | K ⁻¹ x 10 ⁻⁴ |
| Conductibilidad térmica a 20° | DIN 52612 | 0,24 | W/(m*K) |
| -- | -- | -- | -- |
| Resistencia volúmica esp. | VDE 0303 | >=10 ⁻¹⁴ | Ohm*cm |
| Resistencia superficial | VDE 0303 | - | Ohm |
| Constante dieléctrica relativa con 1 MHz | DIN 53483 | 3,2 | -- |
| Factor de disipación del dieléctrico con 1 MHz | DIN 53483 | 0,021 | -- |
| Resistencia a descargas disruptivas | VDE 0303 | 60 | kV/mm |
| Resistencia a las corrientes de fuga | DIN 53480 | KC 350 | -- |
| -- | -- | -- | -- |
| -- | -- | -- | -- |

Anexo A4

Propiedades del agua

Politereftalato de Etileno (Polyester, PET, PETP)

Información sobre el Material

Compra Politereftalato de Etileno on-line

Los productos estándar están disponibles en estas formas



Fibra



Gránulo



Laminado



Malla



Monofilamento



Película



Película
metalizada



Plancha



Tela



Vara

Propiedades Físicas

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| Absorción de Agua - en 24 horas (%) | 0,1 |
| Absorción de Agua - Equilibrio (%) | <0,7 |
| Densidad (g cm^{-3}) | 1,3-1,4 |
| Índice de Oxígeno Límite (%) | 21 |
| Índice Refractivo | 1,58-1,64 |
| Inflamabilidad | HB |
| Resistencia a la Radiación | Buena |
| Resistencia a los Ultra-violetas | Fair? |

Propiedades Mecánicas

| | |
|---|-------------------------------|
| Coefficient de Fricción | 0,2-0,4 |
| Dureza - Rockwell | M94-101 |
| Módulo de Tracción (GPa) | 2-4 |
| Relación de Poisson | 0,37-0,44(oriented) |
| Resistencia a la Tracción (MPa) | 80, para filmes biax. 190-260 |
| Resistencia al Impacto Izod (J m^{-1}) | 13-35 |

Propiedades Térmicas

| | |
|--|-------------|
| Calor Específico ($\text{J K}^{-1} \text{kg}^{-1}$) | 1200 - 1350 |
| Coefficiente de Expansión Térmica ($\times 10^{-6} \text{K}^{-1}$) | 20-80 |
| Conductividad Térmica a 23C ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$) | 0,15-0,4 |
| Temperatura de Deflexión en Caliente - 0.45MPa (C) | 115 |
| Temperatura de Deflexión en Caliente - 1.8MPa (C) | 80 |

Anexo A5

Propiedades del agua

726

TERMODINÁMICA

Anexo A5

Propiedades de líquidos, sólidos y alimentos comunes

a) Líquidos

| Sustancia | Datos de ebullición a 1 atm | | Datos de congelación | | Propiedades de líquido | | |
|---|--------------------------------|--|--------------------------|--------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| | Punto normal de ebullición, °C | Calor latente de vaporización, h_g kJ/kg | Punto de congelación, °C | Calor latente de fusión, h_f kJ/kg | Temp., °C | Densidad ρ kg/m ³ | Calor específico, C_p kJ/kg · °C |
| Aceite (ligero) | | | | | 25 | 910 | 1.80 |
| Agua | 100 | 2 257 | 0.0 | 333.7 | 5 | 1 000 | 4.23 |
| | | | | | 25 | 997 | 4.18 |
| | | | | | 50 | 988 | 4.18 |
| | | | | | 75 | 975 | 4.19 |
| | | | | | 100 | 958 | 4.22 |
| Alcohol etílico | 78.6 | 855 | -156 | 108 | 20 | 789 | 2.84 |
| Amoniaco | -33.3 | 1 357 | -77.7 | 322.4 | -33.3 | 682 | 4.43 |
| | | | | | -20 | 665 | 4.52 |
| | | | | | 0 | 639 | 4.60 |
| | | | | | 25 | 602 | 4.80 |
| Argón | -185.9 | 161.6 | -189.3 | 28 | -185.6 | 1 394 | 1.14 |
| Benceno | 80.2 | 394 | 5.5 | 126 | 20 | 879 | 1.72 |
| Dióxido de carbono | -78.4* | 230.5 (a 0°C) | -56.6 | | 0 | 298 | 0.59 |
| Etolol | 78.2 | 838.3 | -114.2 | 109 | 25 | 783 | 2.46 |
| Etilén glicol | 198.1 | 800.1 | -10.8 | 181.1 | 20 | 1 109 | 2.84 |
| Glicerina | 179.9 | 974 | 18.9 | 200.6 | 20 | 1 261 | 2.32 |
| Helio | -268.9 | 22.8 | — | — | -268.9 | 146.2 | 22.8 |
| Hidrógeno | -252.8 | 445.7 | -259.2 | 59.5 | -252.8 | 70.7 | 10.0 |
| Isobutano | -11.7 | 367.1 | -160 | 105.7 | -11.7 | 593.8 | 2.28 |
| Mercurio | 356.7 | 294.7 | -38.9 | 11.4 | 25 | 13 560 | 0.139 |
| Metano | -161.5 | 510.4 | -182.2 | 58.4 | -161.5 | 423 | 3.49 |
| | | | | | -100 | 301 | 5.79 |
| Metanol | 64.5 | 1 100 | -97.7 | 99.2 | 25 | 787 | 2.55 |
| n-Butano | -0.5 | 385.2 | -138.5 | 80.3 | -0.5 | 601 | 2.31 |
| Nitrógeno | -195.8 | 198.6 | -210 | 25.3 | -195.8 | 809 | 2.06 |
| | | | | | -160 | 596 | 2.97 |
| Octano | 124.8 | 306.3 | -57.5 | 180.7 | 20 | 703 | 2.10 |
| Oxígeno | -183 | 212.7 | -218.8 | 13.7 | -183 | 1 141 | 1.71 |
| Petróleo | — | 230-384 | — | — | 20 | 640 | 2.0 |
| Propano | -42.1 | 427.8 | -187.7 | 80.0 | -42.1 | 561 | 2.25 |
| | | | | | 0 | 529 | 2.53 |
| | | | | | 50 | 449 | 3.13 |
| Queroseno | 204-293 | 251 | -24.9 | — | 20 | 820 | 2.00 |
| Refrigerante 134a | -26.1 | 216.8 | -96.6 | — | -50 | 1 443 | 1.23 |
| | | | | | -26.1 | 1 374 | 1.27 |
| | | | | | 0 | 1 294 | 1.34 |
| | | | | | 25 | 1 206 | 1.42 |
| Salmuera (20% de cloruro de sodio por masa) | 103.9 | — | -17.4 | — | 20 | 1 150 | 3.11 |

*Temperatura de sublimación. (A presiones por debajo de la presión de punto triple de 518 kPa, el dióxido de carbono existe como sólido o como gas. También, la temperatura de punto de congelamiento del dióxido de carbono es la temperatura de punto triple de -56.5°C.)

Fuente: Yunus A. Cengel

Anexo A6

Propiedades del agua

Calor específico (capacidad calorífica específica) (25 °C, 1 atm=101 325 Pa)

| Material | J/(kg·K) | Material | J/(kg·K) |
|-----------------------------|-------------|------------------------|----------|
| Aceite vegetal | 2000 | Hielo (-10 °C a 0 °C) | 2093 |
| <u>Agua (0 °C a 100 °C)</u> | <u>4186</u> | Hierro/Acero | 452 |
| Aire | 1012 | Hormigón | 880 |
| Alcohol etílico | 2460 | Latón | 380 |
| Alcohol metílico | 2549 | Litio | 3560 |
| Aluminio | 897 | Madera | 420 |
| Amoniaco (líquido) | 4700 | Magnesio | 1023 |
| Arena | 290 | Mármol | 858 |
| Asfalto | 920 | Mercurio | 138 |
| Azufre | 730 | Metano (275 K) | 2191 |
| Benceno | 1750 | Níquel | 440 |
| Calcio | 650 | Nitrógeno | 1040 |
| Cinc | 390 | Oro | 129 |
| Cobre | 387 | Oxígeno | 918 |
| Diamante | 509 | Plata | 236 |
| Dióxido de carbono (gas) | 839 | Plomo | 128 |
| Estaño | 210 | Potasio | 750 |
| Etilen glicol | 2200 | Sodio | 1230 |
| Gasolina | 2220 | Tejido humano | 3500 |
| Grafito | 710 | Tierra (típica) | 1046 |
| Granito | 790 | Vapor de agua (100 °C) | 2009 |
| Helio (gas) | 5300 | Vidrio (típico) | 837 |
| Hidrógeno (gas) | 14267 | | |

Anexo A7
Propiedades del acero

Tabla A.2 Valores de propiedades para metales*

| Metal | Propiedades a 20 °C | | | Conductividad térmica k W/m. °C | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--------------------------------|------------------|--|--------------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | A kg m ³ | C _p kJ/ kg °C | A, W/ m °C | α, m ² /s x 10 ⁶ | -100 °C -148 °F | 0 °C 32 °F | 100 °C 212 °F | 200 °C 392 °F | 300 °C 572 °F | 400 °C 752 °F | 600 °C 1112 °F | 800 °C 1472 °F | 1000 °C 1832 °F | 1200 °C 2192 °F |
| Aluminio: Puro | 2707 | 0.895 | 204 | 8.418 | 215 | 202 | 206 | 215 | 225 | 249 | | | | |
| Al-Cu (Duraluminio), 94-96% Al, 3-5% Cu, con impurezas Mg | 2787 | 0.883 | 164 | 6.676 | 126 | 159 | 182 | 194 | | | | | | |
| Al-Si (Siluminio) contiene cobre | 2659 | 0.867 | 137 | 6.933 | 119 | 137 | 144 | 152 | 161 | | | | | |
| 86.5% Al, 1% Cu | | | | | | | | | | | | | | |
| Al-Si (Alusil), 78- 80% Al, 20-22% Si | 2627 | 0.854 | 161 | 7.172 | 144 | 157 | 168 | 175 | 178 | | | | | |
| Al-Mg-Si, 97% Al, 1% Mg, 1% Si, 1% Mn | 2707 | 0.892 | 177 | 7.311 | | 175 | 189 | 204 | | | | | | |
| Plomo | 11373 | 0.130 | 35 | 2.343 | 36.9 | 35.1 | 33.4 | 31.5 | 29.8 | | | | | |
| Hierro: Puro | 7897 | 0.452 | 73 | 2.034 | 67 | 73 | 67 | 62 | 55 | 45 | 40 | 35 | 35 | 35 |
| Hierro forjado, 0.5% C | 7849 | 0.46 | 59 | 1.626 | 59 | 57 | 57 | 52 | 45 | 36 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| Acero (C max = 1.5%): Acero al carbono C = 0.5% | 7833 | 0.465 | 54 | 1.474 | 55 | 52 | 45 | 45 | 45 | 42 | 35 | 31 | 29 | 31 |
| Acero al níquel Ni = 0% 20% | 7753 | 0.456 | 36 | 0.970 | 36 | 36 | 36 | 36 | 35 | 33 | 31 | 28 | 28 | 29 |

Apéndice A 503

Valores de propiedades para metales
(Fuente: INCROPERA, Fundamentos de transferencia de calor)

Anexo A8

Tabla de las propiedades del Aire

AIRE

| Temperatura °K | Densidad ρ (Kg/m ³) | Calor específico c_p kJ/Kg°C | Visc. dinám. $\eta \cdot 10^5$ (Kg/m.seg) | Visc. cinem. $\nu \cdot 10^6$ (m ² /seg) | Conductiv. térmica "k" W/m°C | Dif. térmica $\alpha \cdot 10^4$ (m ² /seg) | Pr |
|-------------------|---|--------------------------------------|---|---|------------------------------------|--|-------|
| 100 | 3,6010 | 1,027 | 0,692 | 1,92 | 0,0092 | 0,0250 | 0,770 |
| 150 | 2,3675 | 1,010 | 1,028 | 4,34 | 0,0137 | 0,0575 | 0,753 |
| 200 | 1,7684 | 1,006 | 1,329 | 7,49 | 0,0181 | 0,1017 | 0,739 |
| 250 | 1,4128 | 1,005 | 1,488 | 10,53 | 0,0223 | 0,1316 | 0,722 |
| 300 | 1,1774 | 1,006 | 1,983 | 16,84 | 0,0262 | 0,2216 | 0,708 |
| 350 | 0,9980 | 1,009 | 2,075 | 20,76 | 0,0300 | 0,2983 | 0,697 |
| 400 | 0,8826 | 1,014 | 2,286 | 25,90 | 0,0336 | 0,3760 | 0,689 |
| 450 | 0,7833 | 1,021 | 2,484 | 31,71 | 0,0371 | 0,4222 | 0,683 |
| 500 | 0,7048 | 1,030 | 2,671 | 37,90 | 0,0404 | 0,5564 | 0,680 |
| 550 | 0,6423 | 1,039 | 2,848 | 44,34 | 0,0436 | 0,6532 | 0,680 |
| 600 | 0,5879 | 1,055 | 3,018 | 51,34 | 0,0466 | 0,7512 | 0,680 |
| 650 | 0,5430 | 1,063 | 3,177 | 58,51 | 0,0495 | 0,8578 | 0,682 |
| 700 | 0,5030 | 1,075 | 3,332 | 66,25 | 0,0523 | 0,9672 | 0,684 |
| 750 | 0,4709 | 1,086 | 3,481 | 73,91 | 0,0551 | 1,0774 | 0,686 |
| 800 | 0,4405 | 1,098 | 3,625 | 82,29 | 0,0578 | 1,1981 | 0,689 |
| 850 | 0,4149 | 1,109 | 3,765 | 90,75 | 0,0603 | 1,3097 | 0,692 |
| 900 | 0,3925 | 1,121 | 3,899 | 99,30 | 0,0628 | 1,4271 | 0,696 |
| 950 | 0,3716 | 1,132 | 4,023 | 108,20 | 0,0653 | 1,5510 | 0,699 |
| 1000 | 0,3524 | 1,142 | 4,152 | 117,80 | 0,0675 | 1,6779 | 0,702 |
| 1100 | 0,3204 | 1,160 | 4,440 | 138,60 | 0,0732 | 1,9690 | 0,704 |
| 1200 | 0,2947 | 1,179 | 4,690 | 159,10 | 0,0782 | 2,2510 | 0,707 |
| 1300 | 0,2707 | 1,197 | 4,930 | 182,10 | 0,0837 | 2,5830 | 0,705 |
| 1400 | 0,2515 | 1,214 | 5,170 | 205,50 | 0,0891 | 2,9200 | 0,705 |
| 1500 | 0,2355 | 1,230 | 5,400 | 229,10 | 0,0946 | 3,2620 | 0,705 |
| 1600 | 0,2211 | 1,248 | 5,630 | 254,50 | 0,1000 | 3,6090 | 0,705 |
| 1700 | 0,2082 | 1,267 | 5,850 | 280,50 | 0,1050 | 3,9770 | 0,705 |
| 1800 | 0,1970 | 1,287 | 6,070 | 308,10 | 0,1110 | 4,3790 | 0,704 |
| 1900 | 0,1858 | 1,309 | 6,290 | 338,50 | 0,1170 | 4,8110 | 0,704 |
| 2000 | 0,1762 | 1,338 | 6,500 | 369,00 | 0,1240 | 5,2600 | 0,702 |
| 2100 | 0,1682 | 1,372 | 6,720 | 399,60 | 0,1310 | 5,7150 | 0,700 |
| 2200 | 0,1602 | 1,419 | 6,930 | 432,60 | 0,1390 | 6,1200 | 0,707 |
| 2300 | 0,1538 | 1,482 | 7,140 | 464,00 | 0,1490 | 6,5400 | 0,710 |
| 2400 | 0,1458 | 1,574 | 7,350 | 504,00 | 0,1610 | 7,0200 | 0,718 |
| 2500 | 0,1394 | 1,688 | 7,570 | 543,50 | 0,1750 | 7,4410 | 0,730 |

Anexo A9

Propiedades de la lana de vidrio

| Conductividad Térmica | | | | Rendimiento térmico, ASTM C 680 (Tipo 703) | | | | | | | | |
|-----------------------|--|-----------------|-----------------|--|----|------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|-------|
| Temp. media, F° | k, Btu · plug/hr · pie ² · °F 702 | Temp. media, °C | I, W/m · °C 702 | Espesor plug (mm) | PT | TS | 300 (149) | 350 (177) | 400 (204) | 400 (204) | PT | TS |
| 50 | 0.21 | 10 | 0.030 | 2.0 (5') | 15 | (90) | 22 | (95) | 31 | (100) | 40 | (105) |
| 75 | 0.23 | 25 | 0.032 | | | | | | | | | |
| 100 | 0.24 | 50 | 0.036 | | | | | | | | | |
| 150 | 0.27 | 75 | 0.041 | | | | | | | | | |
| 200 | 0.31 | 100 | 0.046 | | | | | | | | | |
| 250 | 0.36 | 125 | 0.053 | | | | | | | | | |
| 300 | 0.41 | 150 | 0.060 | | | | | | | | | |

| Coeficientes de absorción acústica, ASTM C 423 | | | | | | | | | |
|--|-------------------|--|------|------|------|------|------|------|--|
| Tipo de producto | Espesor plug (mm) | Frecuencias centrales en bandas de octavas, Hz | | | | | | | |
| 702 | 2 (5') | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | NRC | |
| | | 0.22 | 0.87 | 0.98 | 1.02 | 0.98 | 1.00 | 0.90 | |

| Presentación | | | |
|----------------|-------|-----------------|--------|
| Espesor | 50 mm | Ancho | 61 cm |
| | | Longitud | 122 cm |

Fuente: CURIA, Aislantes térmicos

Anexo A10

Tabla de emisibilidad de materiales

Tablas de emisividad



La medición de temperatura sin contacto por medios infrarrojos depende, de forma crítica, del ajuste correcto de la emisividad en el instrumento.

Las tablas de emisividad sirven como guía para ajustar el factor de emisión para la medición infrarroja de la temperatura. Indican el factor de emisión ϵ de determinados metales y no metales corrientes. Como el factor de emisión cambia con la temperatura y las propiedades de la superficie, los valores mostrados aquí deben ser considerados meramente como una orientación aproximada para la medición de relaciones o diferencias de temperatura. Si la temperatura se ha de medir como valor absoluto, se debe determinar la emisividad exacta del material.

| Material | Temperatura | ϵ | | | |
|------------------------------|-------------|------------|---------------------------------------|--------|------|
| | | | Caucho gris blando | 23 °C | 0,86 |
| | | | Madera | 70 °C | 0,94 |
| | | | Guitarro | 90 °C | 0,95 |
| | | | Corcho | 20 °C | 0,70 |
| | | | Esmeril rojo (desigual) | 80 °C | 0,86 |
| | | | Cámara calor, negra anodizada | 50 °C | 0,98 |
| | | | Cobre, ligeramente mate | 20 °C | 0,04 |
| | | | Cobre, oxidado | 130 °C | 0,76 |
| | | | Cobre, pulido | 20 °C | 0,03 |
| | | | Cobre, negro oxidado | 20 °C | 0,78 |
| | | | Plásticos (PE, PP, PVC) | 20 °C | 0,94 |
| | | | Hojas | 20 °C | 0,84 |
| | | | Mármol, blanco | 20 °C | 0,96 |
| | | | Recubrimiento de minio pintura | 100 °C | 0,93 |
| | | | Latón, oxidado | 200 °C | 0,61 |
| | | | NATO-verde | 50 °C | 0,85 |
| | | | Papel | 20 °C | 0,97 |
| | | | Porcelana | 20 °C | 0,92 |
| | | | Pizarra | 25 °C | 0,95 |
| | | | Pintura negra (mate) | 80 °C | 0,97 |
| | | | Seda | 20 °C | 0,78 |
| | | | Plata | 20 °C | 0,02 |
| | | | Aceros (superficie tratamiento calor) | 200 °C | 0,52 |
| | | | Aceros oxidados | 200 °C | 0,79 |
| | | | Arcilla, cocida | 70 °C | 0,91 |
| | | | Pintura transformadora | 70 °C | 0,94 |
| | | | Agua | 38 °C | 0,67 |
| | | | Ladrillo, mortero, yeso | 20 °C | 0,93 |
| | | | Zinc blanco (pintura) | 20 °C | 0,95 |
| Aluminio, laminado brillante | 170 °C | 0,04 | | | |
| Asbestos | 20 °C | 0,96 | | | |
| Asfalto | 20 °C | 0,93 | | | |
| Algodón | 20 °C | 0,77 | | | |
| Hormigón | 25 °C | 0,93 | | | |
| Plomo, gris oxidado | 20 °C | 0,28 | | | |
| Plomo, muy oxidado | 20 °C | 0,28 | | | |
| Techo de fieltro | 20 °C | 0,93 | | | |
| Hielo, brillante | 0 °C | 0,97 | | | |
| Hielo, irregular | 0 °C | 0,99 | | | |
| Hierro, esmerinado | 20 °C | 0,24 | | | |
| Hierro brillante -grabado | 150 °C | 0,13 | | | |
| Hierro con cuero | 100 °C | 0,80 | | | |
| Hierro con láminas de cuero | 20 °C | 0,77 | | | |
| Hierro ligeramente oxidado | 20 °C | 0,61 | | | |
| Hierro muy oxidado | 20 °C | 0,85 | | | |
| Tierra cultivada arada | 20 °C | 0,38 | | | |
| Tierra, arcilla negra | 20 °C | 0,66 | | | |
| Tejas | 25 °C | 0,93 | | | |
| Yeso | 20 °C | 0,90 | | | |
| Vidrio | 90 °C | 0,94 | | | |
| Oro, pulido | 130 °C | 0,02 | | | |
| Caucho duro | 23 °C | 0,94 | | | |

ANEXOS DE DISEÑO MECÁNICO

ANEXO B 1 .

Dimensiones de conversión de longitud.

Tabla 17-11

Dimensiones de conversión de longitud. (Sume la cantidad que se muestra a la circunferencia interior para obtener la longitud de paso en pulgadas)

| Sección de la banda | A | B | C | D | E |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Cantidad a sumar | 1.3 | 1.8 | 2.9 | 3.3 | 4.5 |

ANEXO B 2

TABLA 17-13

Factor de corrección del ángulo de contacto K_1 para transmisiones de banda plana W^* yen

| $\frac{D-d}{C}$ | θ , grados | VV | K_1 Plana en V |
|-----------------|-------------------|------|---------------------|
| 0.00 | 180 | 1.00 | 0.75 |
| 0.10 | 174.3 | 0.99 | 0.76 |
| 0.20 | 166.5 | 0.97 | 0.78 |
| 0.30 | 162.7 | 0.96 | 0.79 |
| 0.40 | 156.9 | 0.94 | 0.80 |
| 0.50 | 151.0 | 0.93 | 0.81 |
| 0.60 | 145.1 | 0.91 | 0.83 |
| 0.70 | 139.0 | 0.89 | 0.84 |
| 0.80 | 132.8 | 0.87 | 0.85 |
| 0.90 | 126.5 | 0.85 | 0.85 |
| 1.00 | 120.0 | 0.82 | 0.82 |
| 1.10 | 113.3 | 0.80 | 0.80 |
| 1.20 | 106.3 | 0.77 | 0.77 |
| 1.30 | 98.9 | 0.73 | 0.73 |
| 1.40 | 91.1 | 0.70 | 0.70 |
| 1.50 | 82.8 | 0.65 | 0.65 |

ANEXO B 3

TABLA 17-14

Factor de corrección de longitud de banda K₂*

| Factor de longitud | Longitud nominal de la banda, pulg | | | | |
|--------------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| | Bandas A | Bandas B | Bandas C | Bandas D | Bandas E |
| 0.85 | Hasta 35 | Hasta 46 | Hasta 75 | Hasta 128 | |
| 0.90 | 38-46 | 48-60 | 81-96 | 144-162 | Hasta 195 |
| 0.95 | 48-55 | 62-75 | 105-120 | 173-210 | 210-240 |
| 1.00 | 60-75 | 78-97 | 128-158 | 240 | 270-300 |
| 1.05 | 78-90 | 105-120 | 162-195 | 270-330 | 330-390 |
| 1.10 | 96-112 | 128-144 | 210-240 | 360-420 | 420-480 |
| 1.15 | 120 y mayor | 158-180 | 270-300 | 480 | 540-600 |
| 1.20 | | 195 y mayor | 330 y mayor | 540 y mayor | 660 |

*Multiplique la potencia nominal de la banda por este factor para conseguir la potencia corregida.

ANEXO B 4

TABLA 17-12 Potencias nominales de bandas en V estándar

| Sección de la banda | Diámetro de paso de la polea, pulg | Velocidad de la banda, pie/min | | | | |
|---------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 4 000 | 5 000 |
| A | 2.6 | 0.47 | 0.62 | 0.53 | 0.15 | |
| | 3.0 | 0.66 | 1.01 | 1.12 | 0.93 | 0.38 |
| | 3.4 | 0.81 | 1.31 | 1.57 | 1.53 | 1.12 |
| | 3.8 | 0.93 | 1.55 | 1.92 | 2.00 | 1.71 |
| | 4.2 | 1.03 | 1.74 | 2.20 | 2.38 | 2.19 |
| | 4.6 | 1.11 | 1.89 | 2.44 | 2.69 | 2.58 |
| | 5.0 y mayor | 1.17 | 2.03 | 2.64 | 2.96 | 2.89 |
| B | 4.2 | 1.07 | 1.58 | 1.68 | 1.26 | 0.22 |
| | 4.6 | 1.27 | 1.99 | 2.29 | 2.08 | 1.24 |
| | 5.0 | 1.44 | 2.33 | 2.80 | 2.76 | 2.10 |
| | 5.4 | 1.59 | 2.62 | 3.24 | 3.34 | 2.82 |
| | 5.8 | 1.72 | 2.87 | 3.61 | 3.85 | 3.45 |
| | 6.2 | 1.82 | 3.09 | 3.94 | 4.28 | 4.00 |
| | 6.6 | 1.92 | 3.29 | 4.23 | 4.67 | 4.48 |
| 7.0 y mayor | 2.01 | 3.46 | 4.49 | 5.01 | 4.90 | |
| C | 6.0 | 1.84 | 2.66 | 2.72 | 1.87 | |
| | 7.0 | 2.48 | 3.94 | 4.64 | 4.44 | 3.12 |
| | 8.0 | 2.96 | 4.90 | 6.09 | 6.36 | 5.52 |
| | 9.0 | 3.34 | 5.65 | 7.21 | 7.86 | 7.39 |
| | 10.0 | 3.64 | 6.25 | 8.11 | 9.06 | 8.89 |
| | 11.0 | 3.88 | 6.74 | 8.84 | 10.0 | 10.1 |
| | 12.0 y mayor | 4.09 | 7.15 | 9.46 | 10.9 | 11.1 |
| D | 10.0 | 4.14 | 6.13 | 6.55 | 5.09 | 1.35 |
| | 11.0 | 5.00 | 7.83 | 9.11 | 8.50 | 5.62 |
| | 12.0 | 5.71 | 9.26 | 11.2 | 11.4 | 9.18 |
| | 13.0 | 6.31 | 10.5 | 13.0 | 13.8 | 12.2 |
| | 14.0 | 6.82 | 11.5 | 14.6 | 15.8 | 14.8 |
| | 15.0 | 7.27 | 12.4 | 15.9 | 17.6 | 17.0 |
| | 16.0 | 7.66 | 13.2 | 17.1 | 19.2 | 19.0 |
| 17.0 y mayor | 8.01 | 13.9 | 18.1 | 20.6 | 20.7 | |
| E | 16.0 | 8.68 | 14.0 | 17.5 | 18.1 | 15.3 |
| | 18.0 | 9.92 | 16.7 | 21.2 | 23.0 | 21.5 |
| | 20.0 | 10.9 | 18.7 | 24.2 | 26.9 | 26.4 |
| | 22.0 | 11.7 | 20.3 | 26.6 | 30.2 | 30.5 |
| | 24.0 | 12.4 | 21.6 | 28.6 | 32.9 | 33.8 |
| | 26.0 | 13.0 | 22.8 | 30.3 | 35.1 | 36.7 |
| | 28.0 y mayor | 13.4 | 23.7 | 31.8 | 37.1 | 39.1 |

ANEXO B 5

TABLA 17-15

Factor de servicio sugerido, K_s para transmisiones de banda en V

| Maquinaria impulsada | Fuente de potencia | |
|----------------------|---|-----------------------------------|
| | Características del par de torsión normal | Par de torsión alto o no uniforme |
| Uniforme | 1.0 a 1.2 | 1.1 a 1.3 |
| Impacto ligero | 1.1 a 1.3 | 1.2 a 1.4 |
| Impacto medio | 1.2 a 1.4 | 1.4 a 1.6 |
| Impacto pesado | 1.3 a 1.5 | 1.5 a 1.8 |

ANEXO B 6

TABLA 17-16

Algunos parámetros de bandas en V*

| Sección de la banda | K_b | K_c |
|---------------------|--------|-------|
| A | 220 | 0.561 |
| B | 576 | 0.965 |
| C | 1 600 | 1.716 |
| D | 5 680 | 3.498 |
| E | 10 850 | 5.041 |
| 3V | 230 | 0.425 |
| 5V | 1 098 | 1.217 |
| 8V | 4 830 | 3.288 |

ANEXO B 7

TABLA 17-2

| Material | Especificación | Tamaño, pulg | Diámetro mínimo de la polea, pulg | Tensión permisible por ancho unitario a 600 pies/min, lbf/pulg | Peso específico, lbf/pulg ³ | Coefficiente de fricción |
|------------------------|------------------|---------------------|-----------------------------------|--|--|--------------------------|
| Cuero | 1 capa | $t = \frac{11}{64}$ | 3 | 30 | 0.035-0.045 | 0.4 |
| | | $t = \frac{13}{64}$ | $3\frac{1}{2}$ | 33 | 0.035-0.045 | 0.4 |
| | 2 capas | $t = \frac{18}{64}$ | $4\frac{1}{2}$ | 41 | 0.035-0.045 | 0.4 |
| | | $t = \frac{20}{64}$ | 6 ^a | 50 | 0.035-0.045 | 0.4 |
| | | $t = \frac{23}{64}$ | 9 ^a | 60 | 0.035-0.045 | 0.4 |
| Poliamida ^b | F-0 ^c | $t = 0.03$ | 0.60 | 10 | 0.035 | 0.5 |
| | F-1 ^c | $t = 0.05$ | 1.0 | 35 | 0.035 | 0.5 |
| | F-2 ^c | $t = 0.07$ | 2.4 | 60 | 0.051 | 0.5 |
| | A-2 ^c | $t = 0.11$ | 2.4 | 60 | 0.037 | 0.8 |
| | A-3 ^c | $t = 0.13$ | 4.3 | 100 | 0.042 | 0.8 |
| | A-4 ^c | $t = 0.20$ | 9.5 | 175 | 0.039 | 0.8 |
| | A-5 ^c | $t = 0.25$ | 13.5 | 125 | 0.039 | 0.8 |
| Uretano ^d | w = 0.50 | $t = 0.062$ | Vea | 5.2 ^e | 0.038-0.045 | 0.7 |
| | w = 0.75 | $t = 0.078$ | la tabla | 9.8 ^e | 0.038-0.045 | 0.7 |
| | w = 1.25 | $t = 0.090$ | 17-3 | 18.9 ^e | 0.038-0.045 | 0.7 |
| | Redonda | $d = \frac{1}{4}$ | Vea | 8.3 ^e | 0.038-0.045 | 0.7 |
| | | $d = \frac{3}{8}$ | la tabla | 18.6 ^e | 0.038-0.045 | 0.7 |
| | | $d = \frac{1}{2}$ | 17-3 | 33.6 ^e | 0.038-0.045 | 0.7 |
| | | $d = \frac{3}{4}$ | | 74.3 ^e | 0.038-0.045 | 0.7 |

ANEXO B 8

suministro. Este acero medio carbono puede ser forjado con martillo. Responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción, pero no es recomendado para cementación o cianurado. Cuando se hacen prácticas de soldadura adecuadas, presenta soldabilidad adecuada. Por su dureza y tenacidad es adecuado para la fabricación de componentes de maquinaria.

2. Normas involucradas: ASTM A108

3. Propiedades mecánicas: Dureza 163 HB (84 HRb)
Esfuerzo de fluencia 310 MPa (45000 PSI)
Esfuerzo máximo 565 MPa (81900 PSI)
Elongación 16% (en 50 mm)
Reducción de área (40%)
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)
Maquinabilidad 57% (AISI 1212 = 100%)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.87 g/cm³ (0.284 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.43 – 0.50 % C
0.60 – 0.90 % Mn
0.04 % P máx
0.05 % S máx

ANEXO B 9

Anexo A10: Propiedades de los Aceros

Table A-20

Deterministic ASTM Minimum Tensile and Yield Strengths for Some Hot-Rolled (HR) and Cold-Drawn (CD) Steels [The strengths listed are estimated ASTM minimum values in the size range 18 to 32 mm ($\frac{3}{4}$ to $1\frac{1}{2}$ in). These strengths are suitable for use with the design factor defined in Sec. 1-10, provided the materials conform to ASTM A6 or A568 requirements or are required in the purchase specifications. Remember that a numbering system is not a specification.] Source: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|------------------------|-----------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|
| UNS No. | SAE and/or AISI No. | Process- ing | Tensile Strength, MPa (kpsi) | Yield Strength, MPa (kpsi) | Elongation in 2 in, % | Reduction in Area, % | Brinell Hardness |
| G10060 | 1006 | HR | 300 (43) | 170 (24) | 30 | 55 | 86 |
| | | CD | 330 (48) | 280 (41) | 20 | 45 | 95 |
| G10100 | 1010 | HR | 320 (47) | 180 (26) | 28 | 50 | 95 |
| | | CD | 370 (53) | 300 (44) | 20 | 40 | 105 |
| G10150 | 1015 | HR | 340 (50) | 190 (27.5) | 28 | 50 | 101 |
| | | CD | 390 (56) | 320 (47) | 18 | 40 | 111 |
| G10180 | 1018 | HR | 400 (58) | 220 (32) | 25 | 50 | 116 |
| | | CD | 440 (64) | 370 (54) | 15 | 40 | 126 |
| G10200 | 1020 | HR | 380 (55) | 210 (30) | 25 | 50 | 111 |
| | | CD | 470 (68) | 390 (57) | 15 | 40 | 131 |
| G10300 | 1030 | HR | 470 (68) | 260 (37.5) | 20 | 42 | 137 |
| | | CD | 520 (76) | 440 (64) | 12 | 35 | 149 |
| G10350 | 1035 | HR | 500 (72) | 270 (39.5) | 18 | 40 | 143 |
| | | CD | 550 (80) | 460 (67) | 12 | 35 | 163 |
| G10400 | 1040 | HR | 520 (76) | 290 (42) | 18 | 40 | 149 |
| | | CD | 590 (85) | 490 (71) | 12 | 35 | 170 |
| G10450 | 1045 | HR | 570 (82) | 310 (45) | 16 | 40 | 163 |
| | | CD | 630 (91) | 530 (77) | 12 | 35 | 179 |
| G10500 | 1050 | HR | 620 (90) | 340 (49.5) | 15 | 35 | 179 |
| | | CD | 690 (100) | 580 (84) | 10 | 30 | 197 |
| G10600 | 1060 | HR | 680 (98) | 370 (54) | 12 | 30 | 201 |
| G10800 | 1080 | HR | 770 (112) | 420 (61.5) | 10 | 25 | 229 |
| G10950 | 1095 | HR | 830 (120) | 460 (66) | 10 | 25 | 248 |

Anexo B10

Tabla 2.1: Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin
Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8ª Edición, México

| Surface Finish | Factor a | | Exponent b |
|------------------------|-----------------|----------------|------------|
| | S_{ut} , kpsi | S_{ut} , MPa | |
| Ground | 1.34 | 1.58 | -0.085 |
| Machined or cold-drawn | 2.70 | 4.51 | -0.265 |
| Hotrolled | 14.4 | 57.7 | -0.718 |
| Asforged | 39.9 | 272. | -0.995 |

Anexo B11

Tabla 2.2: Efectos de la temperatura de Operación en resistencia a la tensión del acero
Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8ª Edición, México

| Temperature, °C | S_T/S_{RT} | Temperature, °F | S_T/S_{RT} |
|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
| 20 | 1.000 | 70 | 1.000 |
| 50 | 1.010 | 100 | 1.008 |
| 100 | 1.020 | 200 | 1.020 |
| 150 | 1.025 | 300 | 1.024 |
| 200 | 1.020 | 400 | 1.018 |
| 250 | 1.000 | 500 | 0.995 |
| 300 | 0.975 | 600 | 0.963 |
| 350 | 0.943 | 700 | 0.927 |
| 400 | 0.900 | 800 | 0.872 |
| 450 | 0.843 | 900 | 0.797 |
| 500 | 0.768 | 1000 | 0.698 |
| 550 | 0.672 | 1100 | 0.567 |
| 600 | 0.549 | | |

Anexo B12

Factor de confiabilidad

Tabla 2.3: Factores de Confiabilidad

Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8ª Edición, México

| Reliability, % | Transformation Variate z_α | Reliability Factor k_α |
|----------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 50 | 0 | 1.000 |
| 90 | 1.288 | 0.897 |
| 95 | 1.645 | 0.868 |
| 99 | 2.326 | 0.814 |
| 99.9 | 3.091 | 0.753 |
| 99.99 | 3.719 | 0.702 |
| 99.999 | 4.265 | 0.659 |
| 99.9999 | 4.753 | 0.620 |

ANEXOS DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

Anexo C1



MT-511R
TERMOSTATO DIGITAL



MT-511R

Ver. 13

1. DESCRIPCIÓN

El MT-511R es un controlador e indicador de temperatura. Puede ser configurado para controlar calentamiento o como calentador.
Producto en colaboración con: (United Company) y U.S. Inc. (Globea Unitedy Canada)

2. APLICACIÓN

- Refrigeradores comerciales
- Cámaras
- Invernadero
- Estufas
- Frigoríficos
- Pisos (radiante) para sector
- Máquinas para papelería

3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Alimentación eléctrica: MT-511R → 115/230Vca/50/60Hz
MT-511RL → 120/24Vdc
- Temperatura de control: -50 hasta 100°C / -50 hasta 212°F
- Corriente máxima: 1A → 150VA/250W; 10A
1C → 5A/250W

- Dimensiones: 71x28x71mm
- Temperatura de operación: 0 hasta 50°C (32 hasta 122°F)
- Humedad de operación: 10 hasta 90% RH (no condensante)

CLASIFICACIÓN ACORDANDO LA NORMA EN ISO 9001-2

- Clase de la temperatura de la superficie de la instalación: 50°C / 122°F
- Tipo de construcción: Regulador electrónico incorporado
- Acción automática: tipo 1
- Control de la contaminación: Nivel 2
- Voltaje del impulsor: 1.5W
- Temperatura para la prueba de precisión de carga: 15°C y 125°C / 60°F y 257°F
- Aislamiento: Clase II

4. CONFIGURACIONES

4.1 - Ajuste de la temperatura de control (SETPOINT)

- Presione SET durante 1 segundo hasta que aparezca SET .
- Aparecerá la temperatura de control ajustada.
- Utilice las teclas UP y DOWN para elevar o bajar, cuando está listo, presione ENTER nuevamente para guardar.

5. ALTERACIÓN DE LOS PARÁMETROS

5.1 - Diferencial de temperatura (histéresis) y modo de operación

- Presione simultáneamente las teclas UP y DOWN por 5 segundos hasta que aparezca HIST , en seguida cambie la lectura. Aparecerá el diferencial en el display. Utilice las teclas UP y DOWN para elevar el valor y cuando está listo, presione ENTER para guardar el ajuste.
- Retorne al modo de operación: HIST para refrigeración, HIST para calentamiento.
- Utilice las teclas UP y DOWN para seleccionar el modo.
- Después de seleccionar, presione ENTER para guardar este parámetro.

5.2 - Gorrnimiento de indicación

Esta función sirve solamente para corregir eventuales errores en la lectura proveniente del cambio del sensor.
Para esto presione simultáneamente las teclas UP y DOWN por 10 segundos hasta que aparezca CAL .

Aparecerá el valor del contenido ajustado.

Entonces, utilice las teclas UP y DOWN para elevar o bajar (entre -5.0 y +5.0°C o entre -9 hasta +49°F), cuando está listo, presione ENTER para guardar el ajuste.

5.3 - Límite permitido al usuario final

Sirve para evitar que personas no habilitadas ajusten temperaturas de control sobrevaloradas o de bajo.

- a) Límite permitido inferior (bloque de mínimo): Al indicar LIM , determine el bloque de regulación mínimo y confirme con la tecla ENTER .
- b) Límite permitido superior (bloque de máximo): Al indicar LIM , determine el bloque de regulación máximo y confirme con la tecla ENTER . Luego indique LIM , solicitando ajuste del tiempo mismo de retardo para evitar la salida del terminal (de 0 hasta 999 segundos).
- Determine el tiempo de retardo deseado y presione ENTER para guardar.

6. SELECCIÓN DE LA UNIDAD DE TEMPERATURA (C° / F°)

Para definir la unidad en que el instrumento operará presione simultáneamente UP y DOWN durante 30 segundos hasta que aparezca UNIT en el display. Utilice nuevamente UP y DOWN para seleccionar entre C o F y confirme con la tecla ENTER . Después de seleccionar la unidad el display exhibirá UNIT y el instrumento retornará a la operación normal (indicación de temperatura). Siempre que la unidad de temperatura es alterada los parámetros deben ser reconfigurados, para los mismos se muestran valores (setpoint) de fábrica.

7. FUNCIONES DE RÁPIDO ACCESO

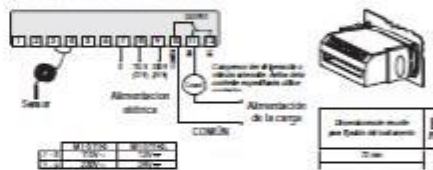
7.1 - Registros de temperaturas mínima y máxima

Presione MIN . Aparecerá la temperatura mínima registrada y luego después aparecerá la temperatura máxima registrada.
Nota: Para iniciar los registros, mantener presionada la tecla MIN durante la visualización de las temperaturas mínima y máxima hasta que MIN aparezca.

8. SEÑALIZADORES

El indicador luminoso en el frontal del instrumento (OUTPUT) indica que la salida de control está conectada, o sea, contacto NA (Normalmente Abierto) está cerrado y por lo tanto accionando la carga (ON) - Sensor desconectado o la temperatura fuera del rango especificado.

9. ESQUEMA DE CONEXIÓN



Nota: El tipo del cable del sensor puede ser ampliado por el primer anillo, hasta 200 metros utilizando cable PPT-23480. Para información en español consulte el manual.

IMPORTANTE

Según requisitos de la norma IEC 60334.

1. Instale protecciones contra sobretensiones en la alimentación.
2. Cables de señales y de señales de computadora pueden estar juntos, sin embargo no en la misma conducción por donde pase alimentación eléctrica y activación de cargas.
3. Instale supresores de transientes (trous TIC) en paralelo a las cargas, de manera a asegurar la vida útil de la red.

Mayor información consulte nuestro departamento de Ing. de aplicación por medio del email support@fullgauge.com o por teléfono al 25 51347 5200.

Esquema de conexión de supresores en conductores



Esquema de conexión de los supresores en carga de activación directa



WIND PROTECTOR

Proteja los instrumentos instalados en locales sometidos a golpes de agua, como en refrigeración comercial, por ejemplo. Este adhesivo acompaña al instrumento, dentro de su embalaje.
Fácil aplicación solamente después de conducir las conexiones eléctricas.

Abra el papel protector y aplique el stick sobre toda la parte superior del aparato, doblando los bordes conforme indicen las flechas.

Anexo C2
Variador de Frecuencia

| SYSDRIVE 3G3EV | | |
|--|--------------------------------|-------------|
| ITEM | MODELOS | |
| | | A2007MA-CE* |
| Peso | 1.3(Kg) | 2(Kg) |
| Tensión de Entrada | Trifásica (220V) | |
| Tensión de Salida Nominal | Trifásica (200 a 230 V) | |
| Temperatura de Operación | - 10°C a 50°C | |
| Frecuencia Máxima | 400 (HZ) | |
| Humedad | 90% o menor (sin condensación) | |
| Lugar de Instalación | Afuera | |
| ESPECIFICACIONES | | |
| Tipo de Instalación | A (Montaje en Panel) | |
| En | 2 (Entrada Trifásica 220 V) | |
| Capacidad Máxima del Motor Aplicable | 007 (1.1 Kw) | |
| | 013 (1.5 Kw) | |
| Variador del sistema de transportación de botellas | | |
| Variador del sistema de giro de las botellas | | |

Anexo C3

Cacterísticas del PLC CQM1

■ Características generales

| Ítem | | 10-puntos de E/S | 20-puntos de E/S | 30-puntos de E/S | 40-puntos de E/S | | | |
|---|-------------------------|---|------------------|------------------|------------------|------------|-----------------|------------|
| Tensión de alimentación/Frecuencia | Fuente de A. c.a. | 100 a 240 Vc.a., 50/60 Hz | | | | | | |
| | Fuente de A. c.c. | 24 Vc.c. | | | | | | |
| Rango de tensión de operación | Fuente de A. c.a. | 85 a 264 Vc.a. | | | | | | |
| | Fuente de A. c.c. | 20.4 a 26.4 Vc.c. | | | | | | |
| Consumo | Fuente de A. c.a. | 30 Vc.a. máx. | | 60 Vc.a. máx. | | | | |
| | Fuente de A. c.c. | 6 W máx. | | 20 W máx. | | | | |
| Corriente | | 30 A máx. | | 60 A máx. | | | | |
| Fuente de alimentación externa (sólo c.a.) | Tensión de alimentación | 24 Vc.c. | | | | | | |
| | Tensión de alimentación | 200 mA | | 300 mA | | | | |
| Resistencia de aislamiento | | 20 M Ω mín. a 500 Vc.c. entre terminales de c.a. y terminal de tierra. | | | | | | |
| Rigidez dieléctrica | | 2,300 Vc.a. a 50/60 Hz durante 1 minuto con una corriente de fuga de 10 mA máx. entre terminales externos de c.a. y el terminal de tierra. | | | | | | |
| Resistencia al ruido | | 1,500 V (p-p) con una anchura de impulso de 0.1 a 1 μ s, y 1-ns de tiempo de subida (por simulador de ruido) | | | | | | |
| Resistencia a vibraciones | | 10 a 57 Hz con una amplitud de 0.075 mm, y de 57 a 150 Hz con una aceleración de 9.8 m/s ² (1 G) en las direcciones X, Y, y Z durante 80 minutos en cada una de ellas (durante 8 minutos, 10 veces). | | | | | | |
| Resistencia a golpes | | 147 m/s ² (15G's) en las direcciones X, Y y Z, 3 veces en cada una de ellas. | | | | | | |
| Temperatura ambiente (operación) | | 0° a 55°C | | | | | | |
| Humedad ambiente (operación) | | 10% a 90% (sin condensación) | | | | | | |
| Condiciones ambientales (operación) | | Libre de gases corrosivos | | | | | | |
| Temperatura ambiente (almacenaje) | | -20° a 75°C | | | | | | |
| Tornillos de terminales | | M3 | | | | | | |
| Tiempo de mantenimiento de alimentación ante cortes momentáneos | | 10 ms mín. para modelos de c.a., y 2 ms mín. para modelos de c.c. | | | | | | |
| Peso | Modelo de c.a.: | 400 g máx. | Modelo de c.a.: | 500 g máx. | Modelo de c.a.: | 600 g máx. | Modelo de c.a.: | 700 g máx. |
| | Modelo de c.c.: | 300 g máx. | Modelo de c.c.: | 400 g máx. | Modelo de c.c.: | 500 g máx. | Modelo de c.c.: | 600 g máx. |

Anexo C4

Especificaciones de salida de CPU

Especificaciones de salida de CPU y de unidad de expansión de E/S

Salida relé

| Item | Especificaciones |
|-------------------------------|--|
| Capacidad de conmutación máx. | 2 A, 250 Vc.a. ($\cos\phi = 1$) 2 A, 24 Vc.c. (4 A/común) |
| Capacidad de conmutación mín. | 10 mA, 5 Vc.c. |
| Vida útil del relé (ver nota) | Eléctrica: 150,000 operaciones (24-Vc.c. carga resistiva) 100,000 operaciones (240-Vc.a. carga inductiva, $\cos\phi = 0,4$) Mecánica: 20,000,000 operaciones |
| Retardo a ON | 15 ms máx. |
| Retardo a OFF | 15 ms máx. |
| Configuración del circuito | <p>The diagram illustrates the internal relay configuration. It features four relays, each with a common terminal (COM) and two output terminals (OUT). The first three relays have their COM terminals connected to a common bus, and their OUT terminals are connected to individual output lines. The fourth relay has its COM terminal connected to a common bus and its OUT terminal connected to an individual output line. An LED de salida is connected to the common bus of the fourth relay.</p> |

Anexo C5

Pulsadores

A22 Interruptores con Botón de Presión Sin Luz, 22 mm de diámetro, A22L Interruptores con Botón de Presión Con Luz, 22 mm de diámetro

Sin Luz



Redondo, plano **A22-F**



Redondo, de proyección **A22-T**



Redondo, protección completa **A22-G**



Redondo, media protección **A22-H**

Sin Luz



Cuadrado, de proyección **A22-C**



Cuadrado, protección completa **A22-D**



Redondo, tipo hongo 30 mm de diám. **A22-S**



Redondo, tipo hongo 40 mm de diám. **A22-M**

Con Luz



Redondo, de proyección, con luz **A22L-T**



Redondo, protección completa, con luz **A22L-G**



Redondo, media protección, con luz **A22L-H**



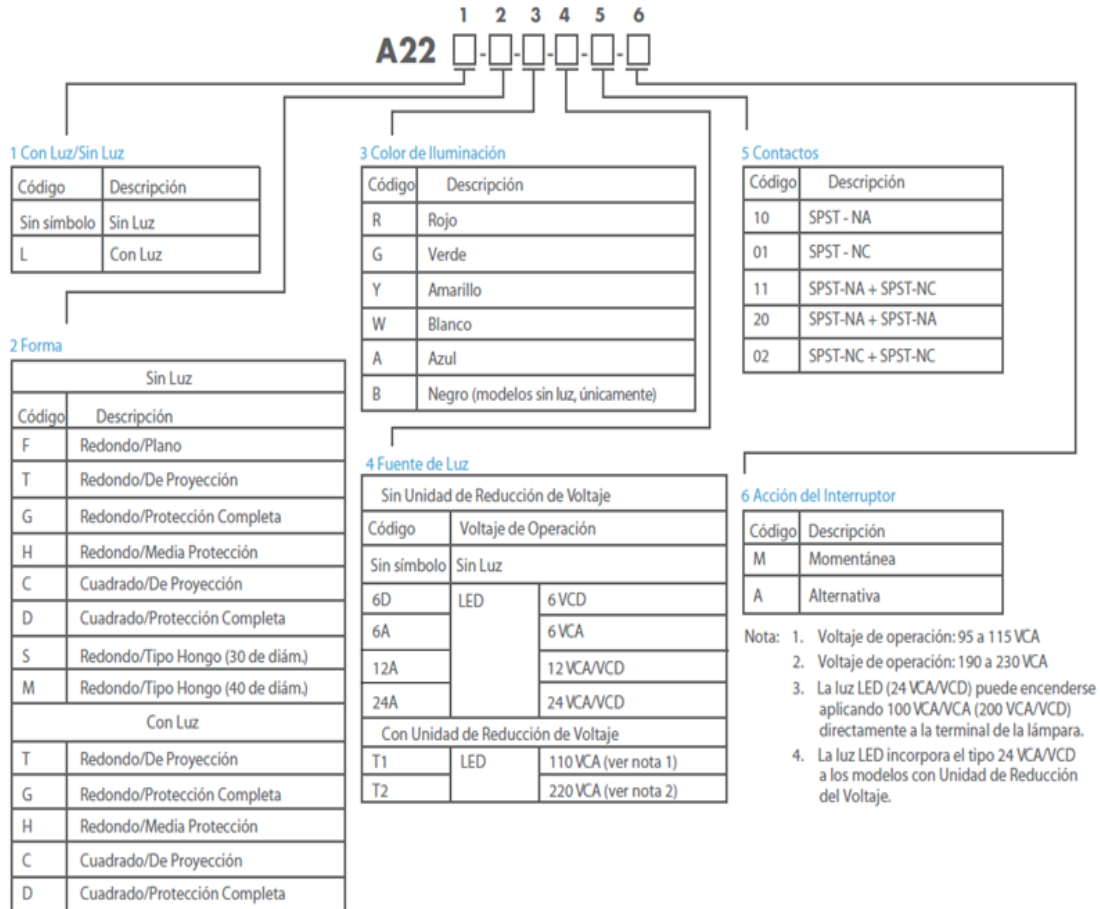
Cuadrado, de proyección, con luz **A22L-C**



Cuadrado, protección completa, con luz **A22L-D**

Anexo C6

Características de los potenciómetros



- PROGRAMA PARA EL PLC CQM1

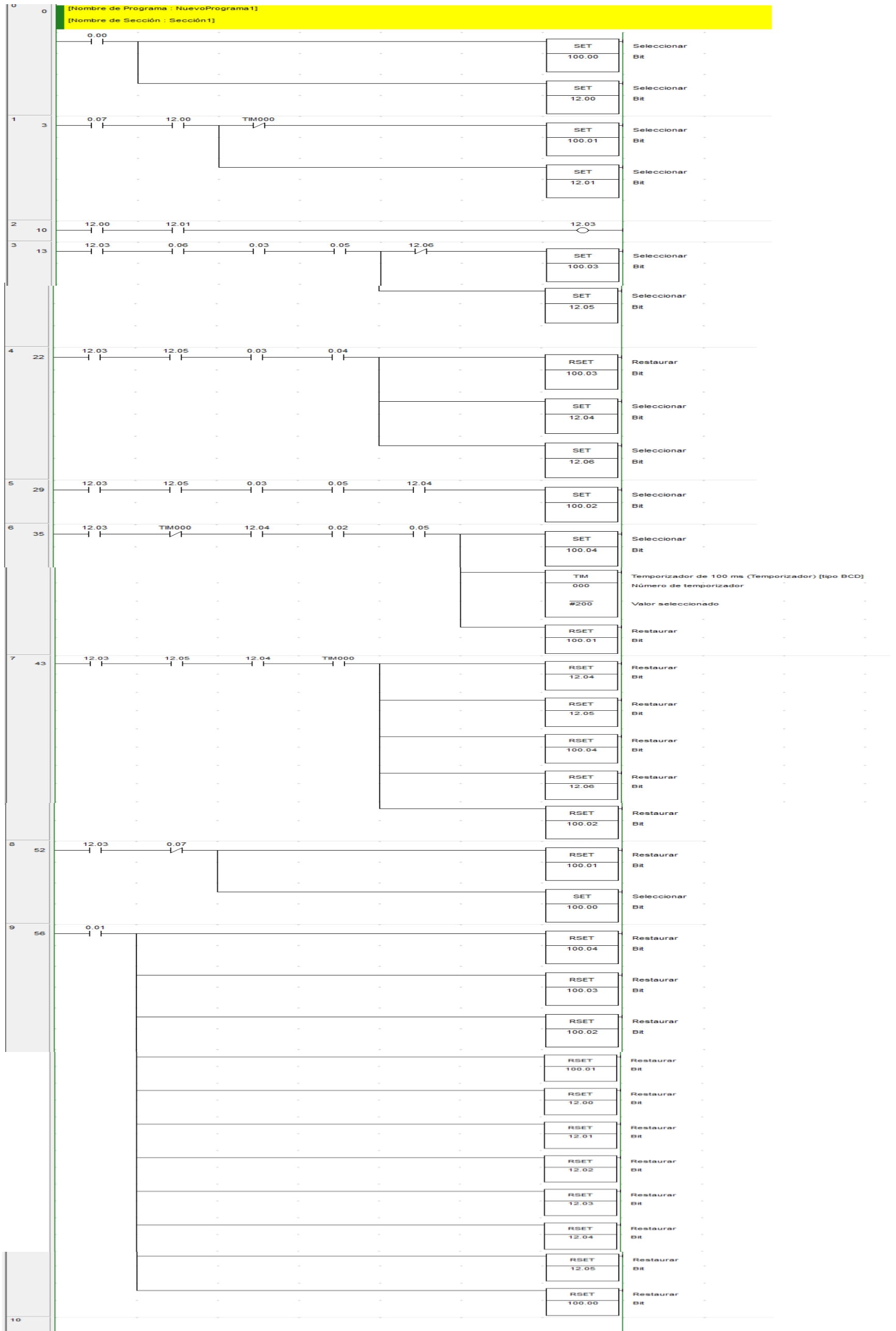


Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..1: Codificación en el PLC

Fuente: El Autor (Jácome, F)

Anexos de neumática

Anexo D1



NEW - KL
Cilindros neumáticos ISO 15552 - Ø 32 ÷ 125 mm
CLEAN PROFILE

CARACTERÍSTICAS

| | |
|-----------------------------|--|
| Temperatura ambiente | -20 ÷ 80 °C |
| Fluido | aire filtrado, con o sin lubricación |
| Presión de trabajo | 1,5 ÷ 10 bar |
| Testeras | fundición a presión de aluminio |
| Camisa | aluminio anodizado |
| Pistón | fundición a presión de aluminio |
| Patin de guía | resina acetálica |
| Vástago | acero cromado, acero inox bajo pedido |
| Juntas pistón | NBR |
| Casquillo guía vástago | autolubrificante y autoalineante original UNIVER |
| Paragolpes | NBR |
| Amortiguadores | neumáticos regulables |
| Otras versiones disponibles | tándem, tándem dos posiciones, tándem contrapuesto, tándem vástago común |



CLAVE DE CODIFICACIÓN

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| K | L | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 5 | 0 | M |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | | |

| 1 Serie | 2 Tipología | 3 Versión | 4 Diámetro (mm) |
|--|--|--|----------------------|
| KL = Cilindros neumáticos ISO 15552 Ø 32 ÷ 125 mm | 1 = Vástago acero inox | 00 = D.E. Versión estándar | 032 = Ø32 080 = Ø80 |
| | 2 = Vástago acero cromado | 01 = D.E. Vástago pasante | 040 = Ø40 100 = Ø100 |
| Magnético de serie | | 60 = S.E. Vástago retraído carrera máx. 50 mm | 050 = Ø50 125 = Ø125 |
| | | 70 = S.E. Vástago extendido carrera máx. 50 mm | 063 = Ø63 |
| | | D.E. = Doble efecto S.E. = Simple efecto | |
| 5 Carrera (mm) | 6 Variante | 7 Magnético | |
| 0025 = 25 0150 = 150 0320 = 320 0700 = 700 | F = Predispuesto para bloqueo con protuberancia reducida | M = Versión magnética estándar de serie | |
| 0050 = 50 0160 = 160 0350 = 350 0800 = 800 | G = Predispuesto para bloqueo con protuberancia ISO | | |
| 0075 = 75 0175 = 175 0400 = 400 0900 = 900 | | | |
| 0080 = 80 0200 = 200 0450 = 450 1000 = 1000 | | | |
| 0100 = 100 0250 = 250 0500 = 500 | | | |
| 0125 = 125 0300 = 300 0600 = 600 | | | |

ANEXO D2



08800 Vilanova i la Geltru - Barcelona - / Tel: 93 814 85 81 -639 302 393 comercial@bove-ag.com

[Plásticos Mecanizables](#)

[Aislantes Térmicos](#)

[Cauchos y Elastómeros](#)

[Tejidos Especiales](#)

[Estanqueidad](#)

Plásticos mecanizables

Plásticos Mecanizables

Coefficiente de fricción

[Nombres Comerciales](#)

Tablas Comparativas

- [Temperaturas](#)
- [Coeficiente de Fricción](#)
- [Resistencia a la Tracción](#)
- [Estabilidad Dimensional](#)
- [Modulo Elasticidad](#)
- [Respuesta Ante el fuego](#)
- [Coeficiente Lineal](#)
- [Densidades](#)
- [Precios/kg](#)

[Suministro Formatos](#)

[Imágenes](#)

| Material | | Material | |
|----------|------|----------|------|
| PVC | 0,60 | POM | 0,34 |
| PMMA | 0,53 | PEEK | 0,34 |
| ABS | 0,48 | PP | 0,30 |
| PA 6 | 0,41 | PET | 0,25 |
| PA 6.6 | 0,41 | PE-HD | 0,25 |
| PSU | 0,39 | E-CTFE | 0,18 |
| PC | 0,38 | PEEK-mod | 0,11 |
| PVDF | 0,34 | PTFE | 0,08 |

ANEXOS DE FOTOS DE CONSTRUCCIÓN

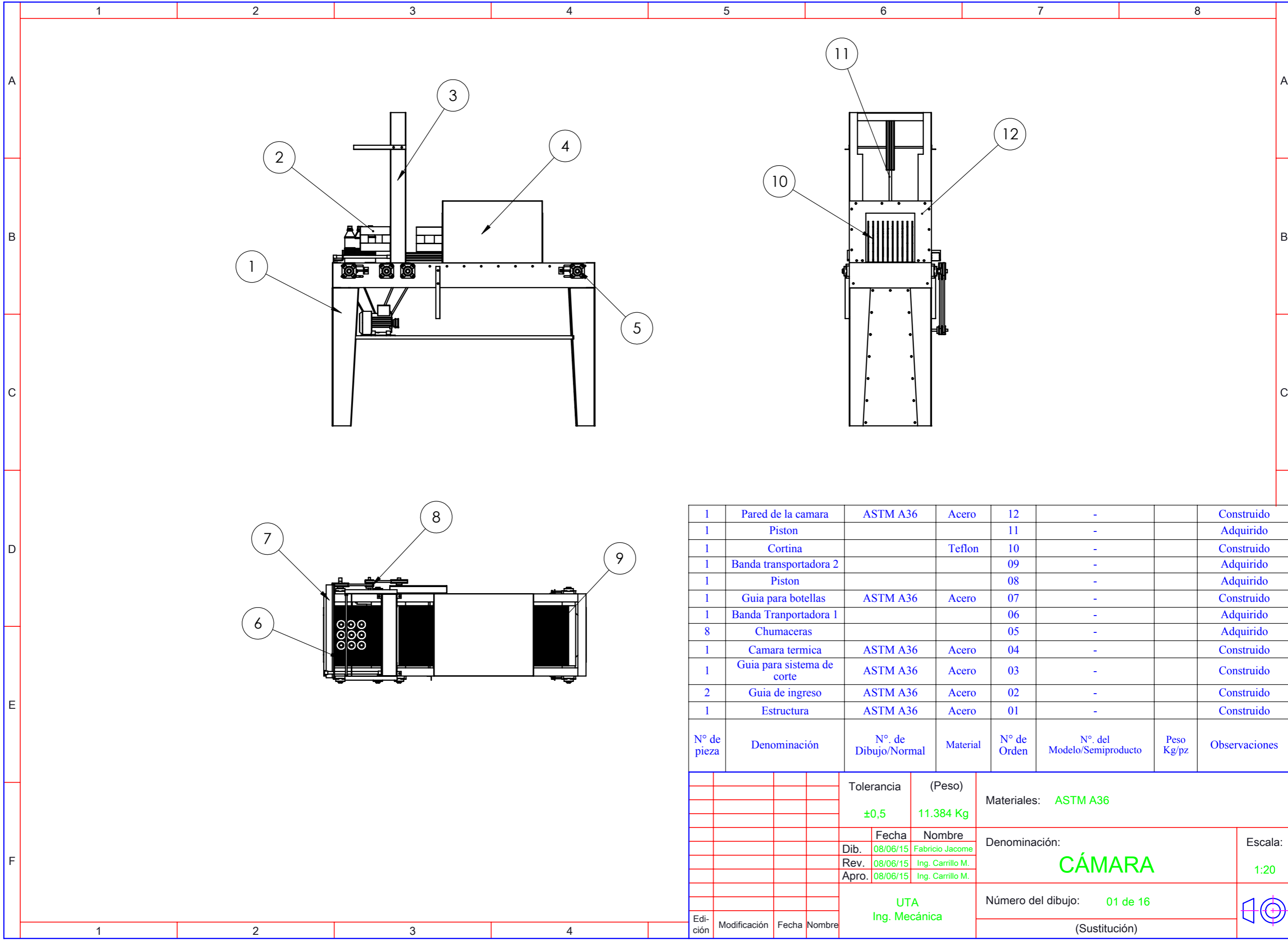






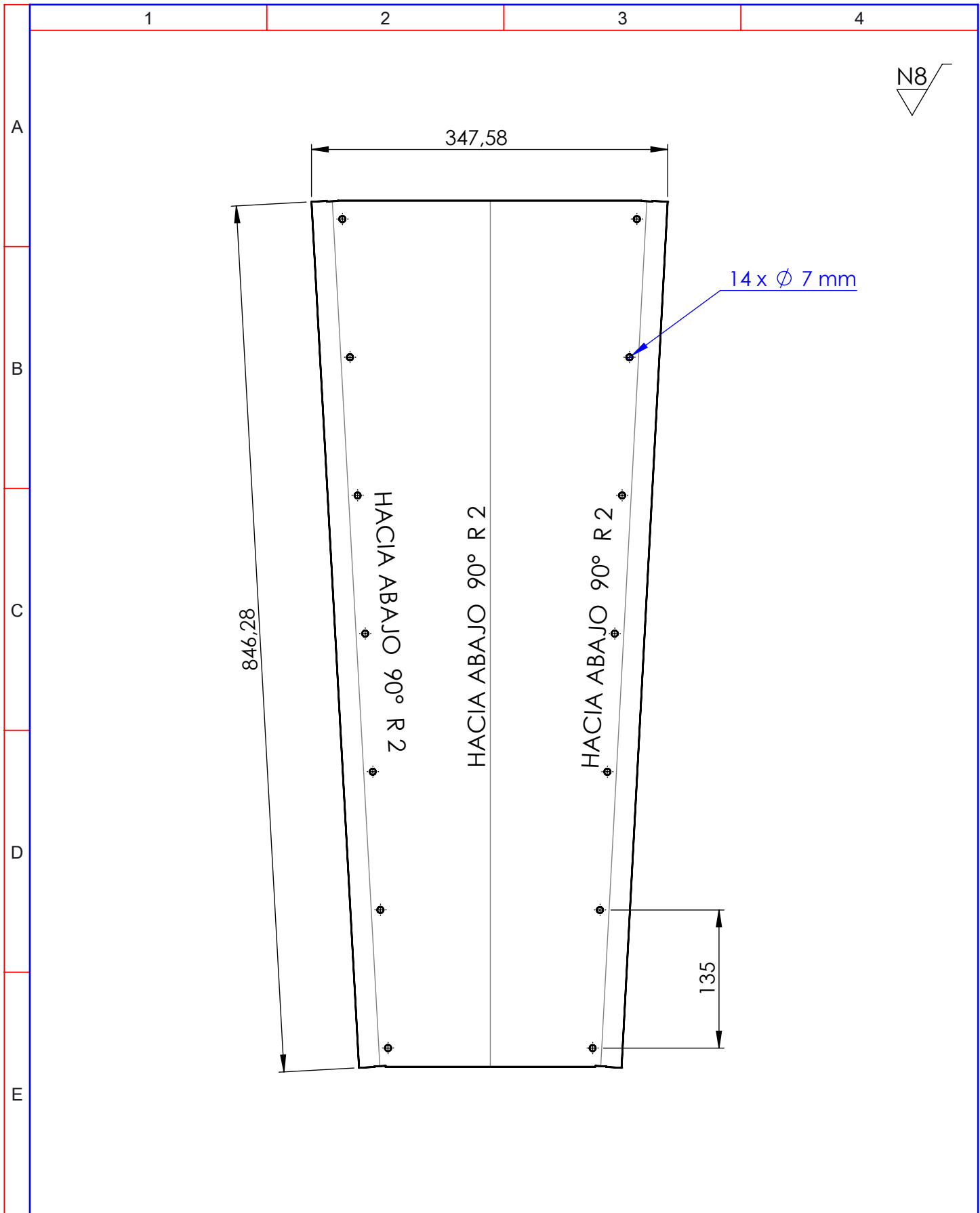


PLANOS

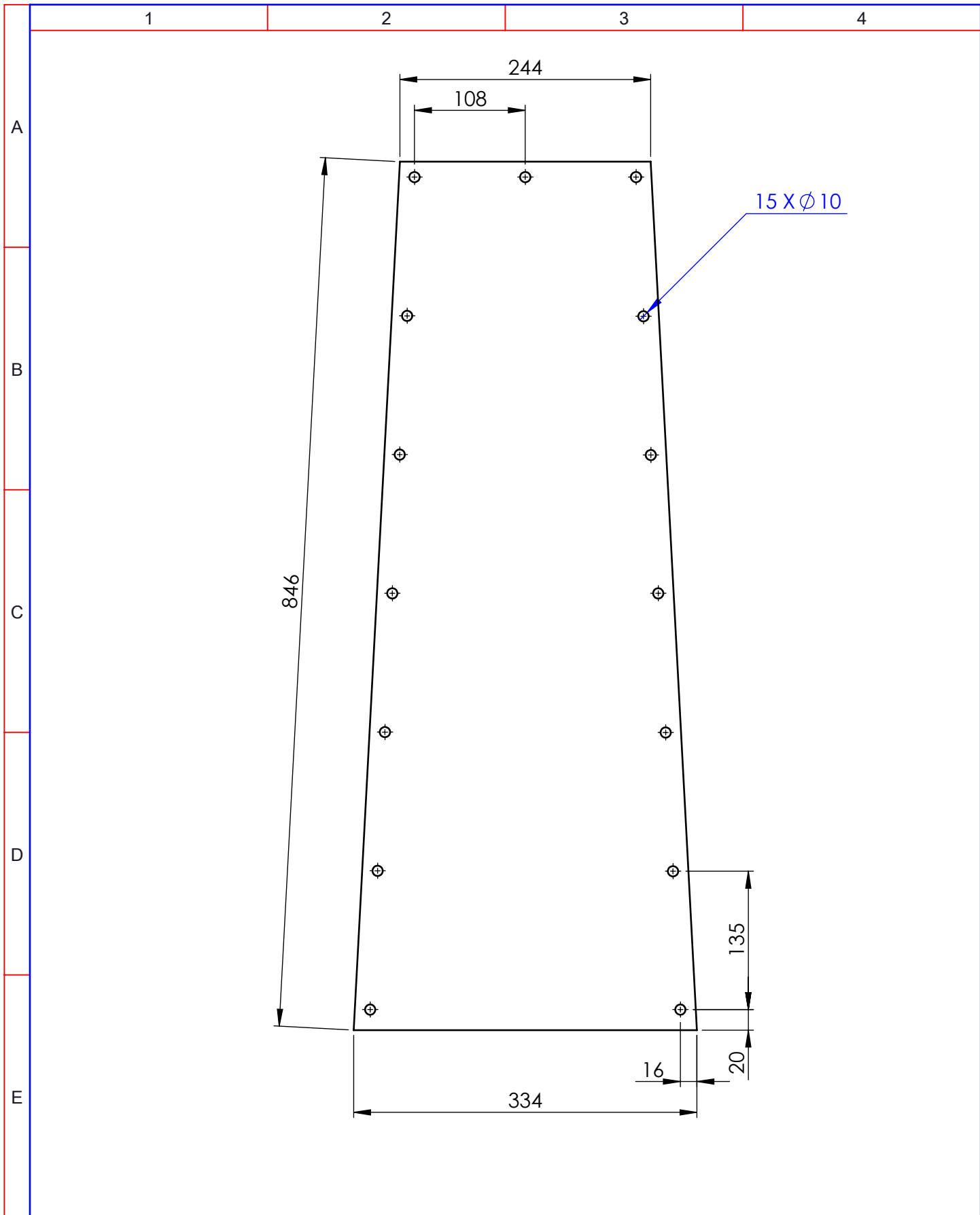


| 1 | Pared de la camara | ASTM A36 | Acero | 12 | - | | Construido |
|-------------|----------------------------|----------------------|----------|-------------|-----------------------------|------------|---------------|
| 1 | Piston | | | 11 | - | | Adquirido |
| 1 | Cortina | | Teflon | 10 | - | | Construido |
| 1 | Banda transportadora 2 | | | 09 | - | | Adquirido |
| 1 | Piston | | | 08 | - | | Adquirido |
| 1 | Guia para botellas | ASTM A36 | Acero | 07 | - | | Construido |
| 1 | Banda Transportadora 1 | | | 06 | - | | Adquirido |
| 8 | Chumaceras | | | 05 | - | | Adquirido |
| 1 | Camara termica | ASTM A36 | Acero | 04 | - | | Construido |
| 1 | Guia para sistema de corte | ASTM A36 | Acero | 03 | - | | Construido |
| 2 | Guia de ingreso | ASTM A36 | Acero | 02 | - | | Construido |
| 1 | Estructura | ASTM A36 | Acero | 01 | - | | Construido |
| Nº de pieza | Denominación | Nº. de Dibujo/Normal | Material | Nº de Orden | Nº. del Modelo/Semiproducto | Peso Kg/pz | Observaciones |

| | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: ASTM A36 | | | | |
|------------------------------------|--------------|------------------|------------------|------------------------------------|--|--|---------------------|--|
| | | ±0,5 | 11.384 Kg | | | | | |
| | | Fecha | Nombre | Denominación: CÁMARA | | | Escala: 1:20 | |
| Dib. | 08/06/15 | Fabricio Jacome | | | | | | |
| Rev. | 08/06/15 | Ing. Carrillo M. | | | | | | |
| Apr. | 08/06/15 | Ing. Carrillo M. | | Número del dibujo: 01 de 16 | | | | |
| UTA Ing. Mecánica | | | (Sustitución) | | | | | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | | | |



| | | | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|-----------------|---|----------|-----------------|------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: PLANCHA DE ACERO ASTM A36 DE 1.5 mm | | | |
| | | | | $\pm 0,5$ | 4.36 Kg | | | | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: | Escala: | | |
| | | | Dib. | 08/06/15 | Fabricio Jacome | | | SOPORTES | 1:10 |
| | | | Rev. | 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | | | | |
| | | | Apro. | 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | | | | |
| | | | | UTA | | Número del dibujo: | 02 de 16 | | |
| | | | | Ing. Mecánica | | (Sustitución) | | | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | |  | | | |



| | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|-----------------|--|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: PLANCHA DE ACERO ASTM A36 DE 1.5 mm |
| | | | | ±0,5 | 2.86 Kg | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: TAPA LATERAL |
| | | | | Dib. 08/06/15 | Fabricio Jacome | |
| | | | | Rev. 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | |
| | | | | Apro. 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | Escala: 1:5 |
| | | | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: 03 de 16 |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | (Sustitución) |



1

2

3

4

A

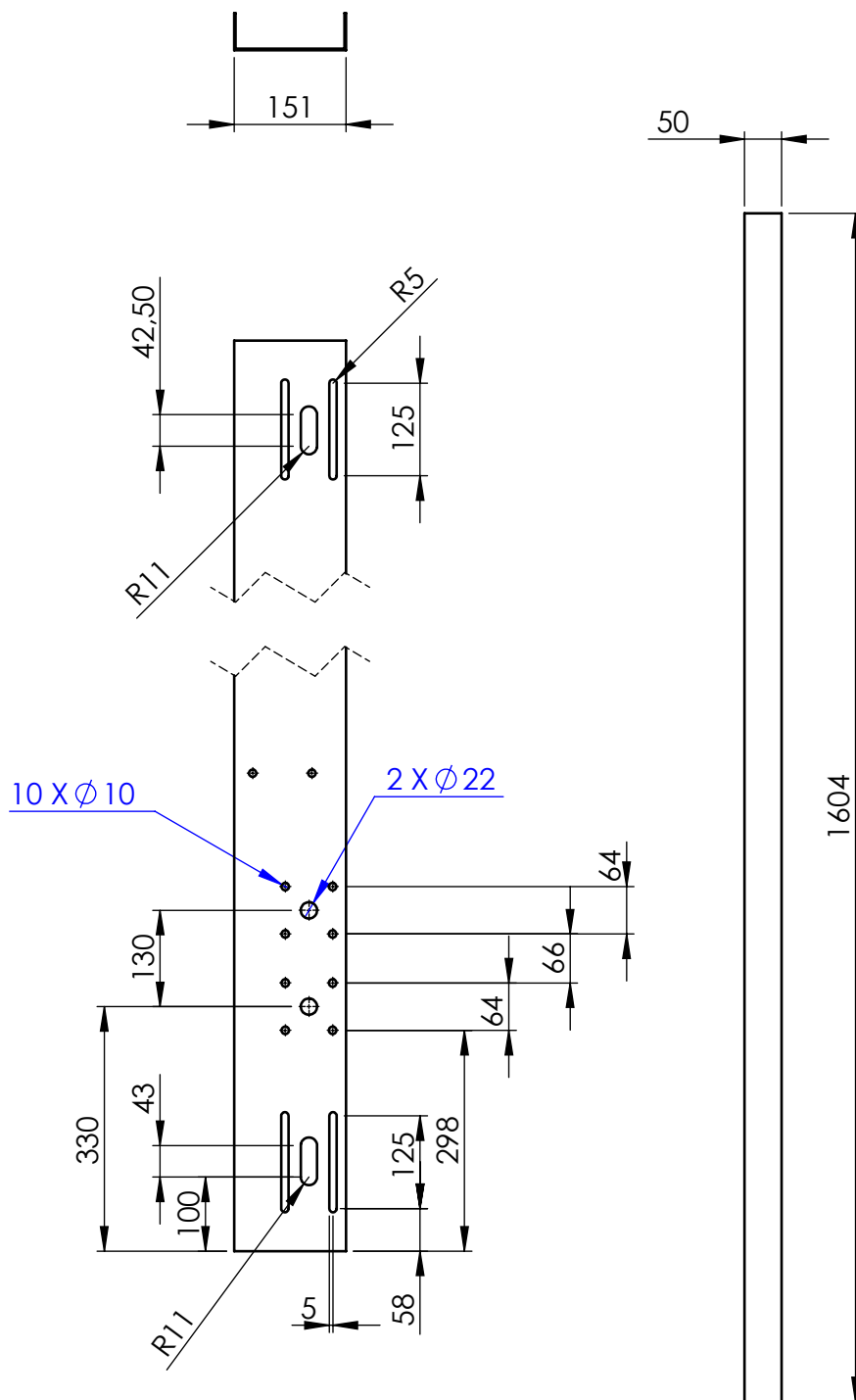
N8

B

C

D

E



Tolerancia

(Peso)

Materiales: **PLANCHA DE ACERO ASTM A36 DE 1.5 mm** $\pm 0,5$

6.05 Kg

Fecha

Nombre

Denominación:

Escala:

Dib. 08/06/15 Fabricio Jacome

Rev. 08/06/15 Ing.Carrillo M.

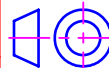
Apro. 08/06/15 Ing.Carrillo M.

SOPORTE LATERAL

1:10

UTA
Ing. MecánicaNúmero del dibujo: **04 de 16**

(Sustitución)



Edición

Modificación

Fecha

Nombre

1

2

3

4

N8

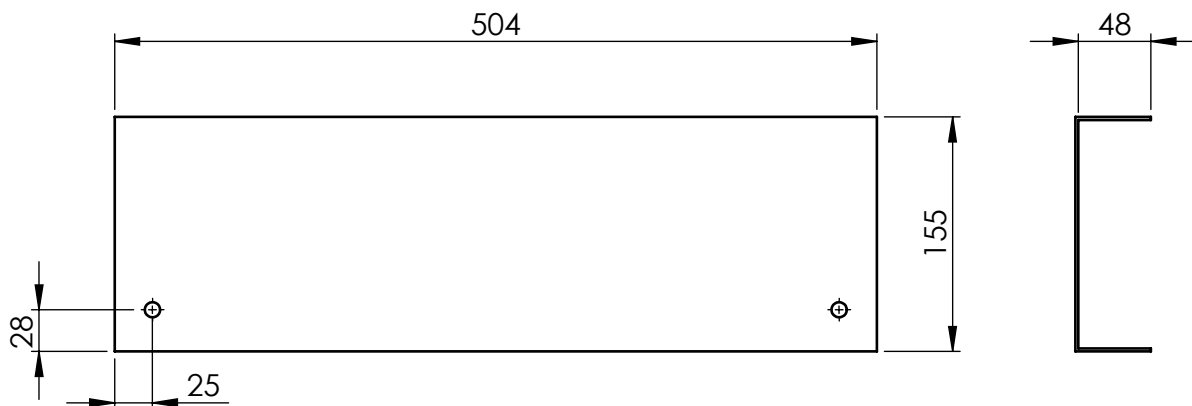
A

B

C

D

E



Tolerancia

(Peso)

Materiales: **PLANCHA DE ACERO ASTM A36 DE 1.5 mm** $\pm 0,5$

4.36 Kg

Fecha

Nombre

Denominación:

Escala:

Dib. 08/06/15

Fabricio Jacome

SOPORTES

1:10

Rev. 08/06/15

Ing.Carrillo M.

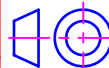
Apro. 08/06/15

Ing.Carrillo M.

Número del dibujo: 05 de 16

UTA
Ing. Mecánica

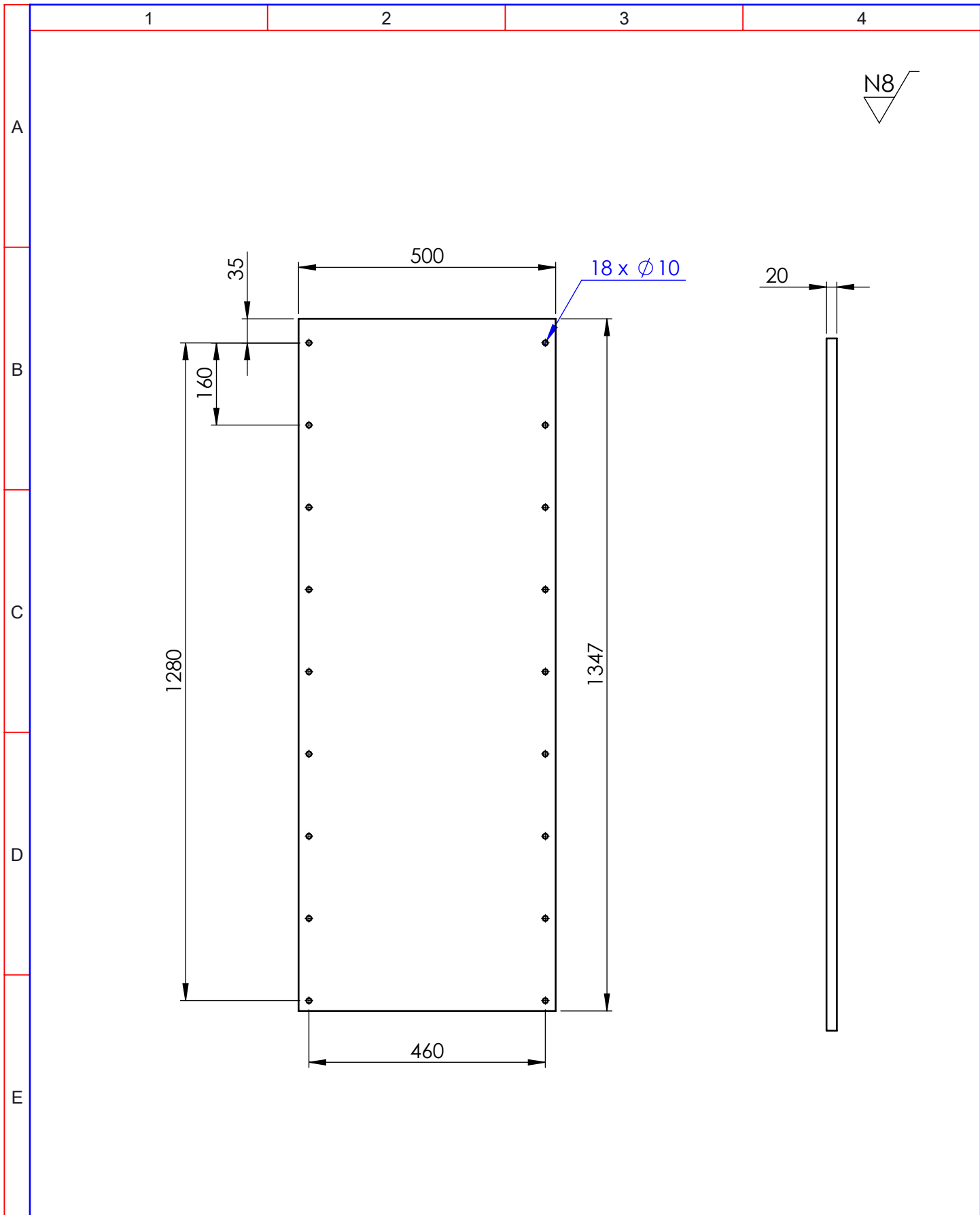
(Sustitución)

Edi-
ción

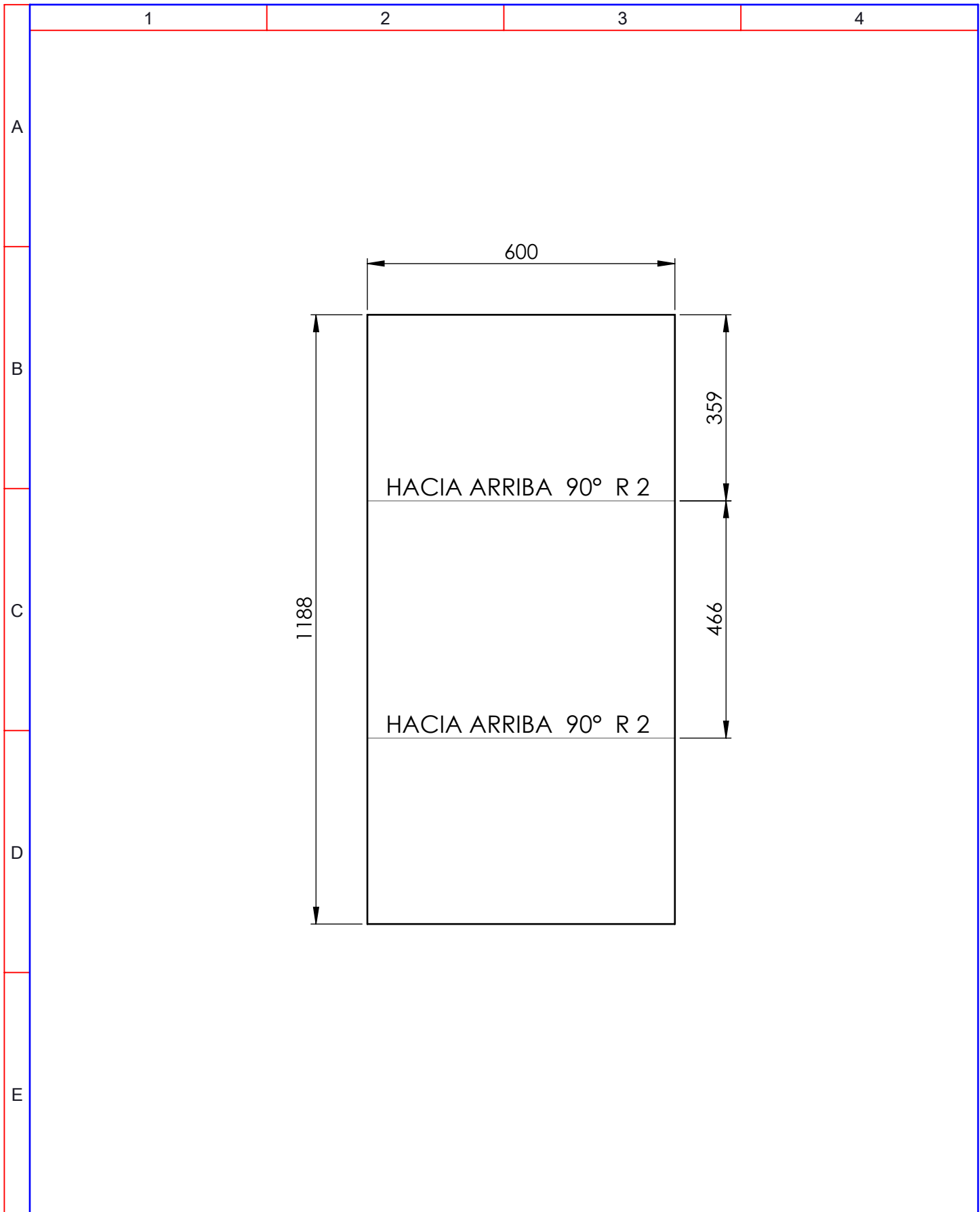
Modificación

Fecha

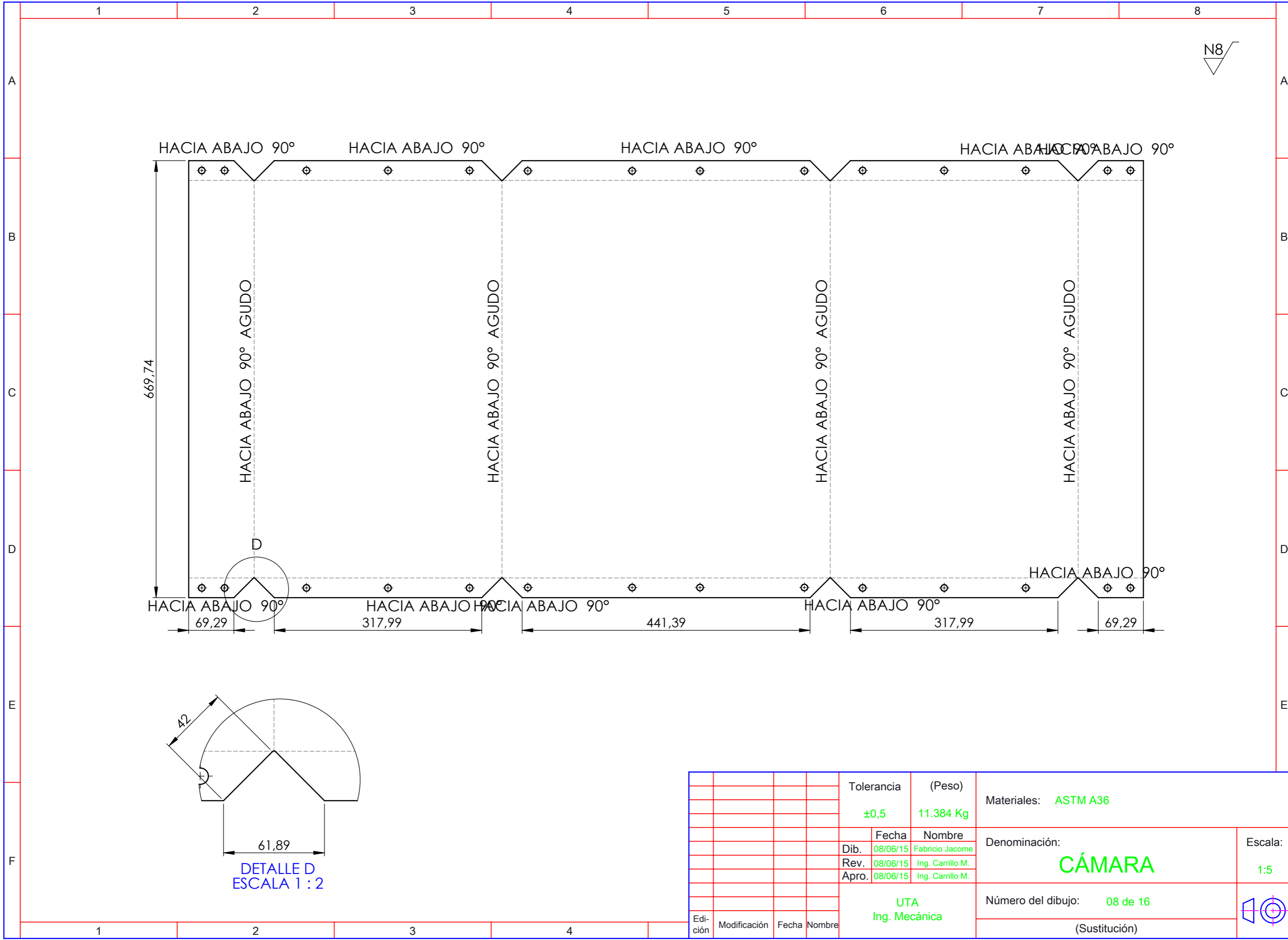
Nombre



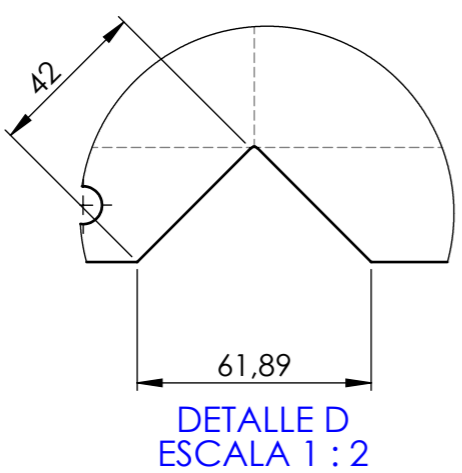
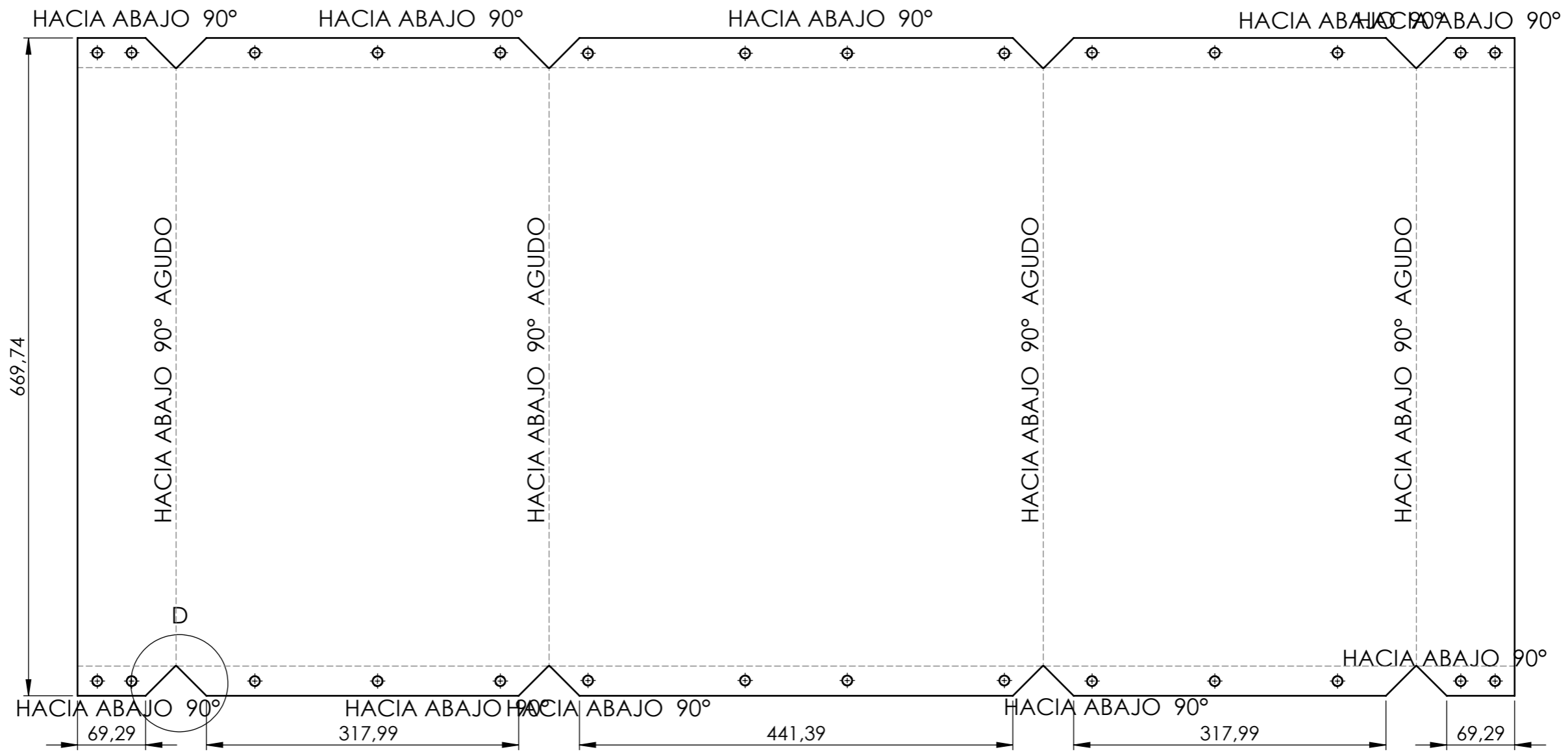
| | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|-----------------|--|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: PLANCHA DE ACERO ASTM A36 DE 1.5 mm |
| | | | | $\pm 0,5$ | 8.00Kg | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: PLANCHA BASE |
| | | | | Dib. 08/06/15 | Fabricio Jacome | |
| | | | | Rev. 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | |
| | | | | Apro. 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | Escala: 1:10 |
| | | | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: 06 de 16 |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | (Sustitución) |



| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|------------------------|---|------------------------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: ASTM A36 | |
| | | | | ±0,5 | 8,75 Kg | | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: CUBIERTA INTERIOR | Escala: 1:10 |
| | | | Dib. | 08/06/15 | Fabricio Jacome | | |
| | | | Rev. | 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | | |
| | | | | Apro. | 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | |
| | | | | UTA | | Número del dibujo: 07 de 16 | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | Ing. Mecánica | | (Sustitución) | |



N8



| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|-----------|-----------------------------|--------------------------------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: ASTM A36 | |
| | | | | ±0,5 | 11.384 Kg | | |
| | | | | | Fecha | Nombre | Denominación: CÁMARA |
| | | | | Dib. | 08/06/15 | Fabrizio Jacome | |
| | | | | Rev. | 08/06/15 | Ing. Carrillo M. | |
| | | | | Apro. | 08/06/15 | Ing. Carrillo M. | |
| | | | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: 08 de 16 | Escala: 1:5 |
| | | | | | | (Sustitución) | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | | |

1

2

3

4

A

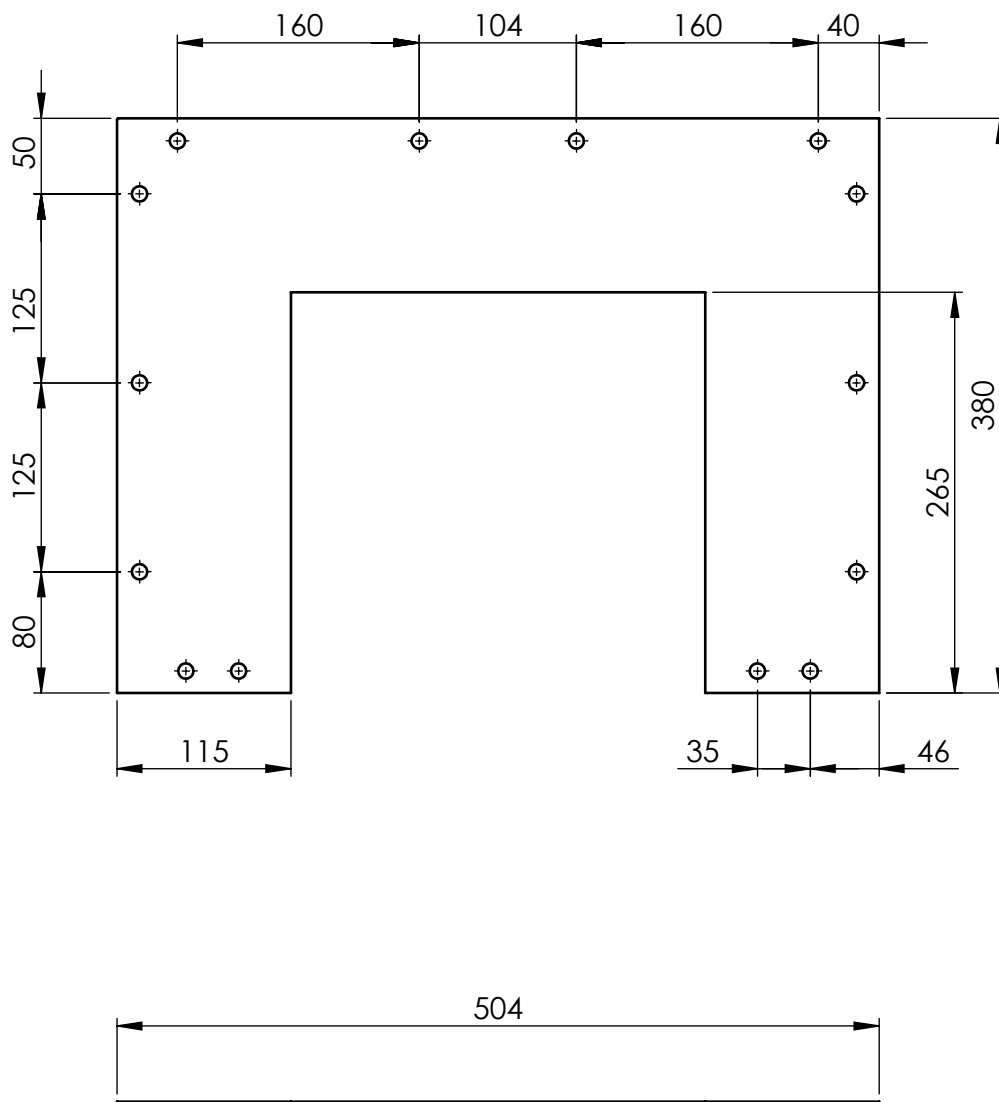
N8

B

C

D

E



Tolerancia

(Peso)

Materiales: **PLANCHA DE ACERO ASTM A36 DE 1.5 mm** $\pm 0,5$

1.38 Kg

Fecha

Nombre

Denominación:

Escala:

Dib. 08/06/15 Fabricio Jacome

TAPA DE LA CAMARA

1:5

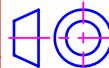
Rev. 08/06/15 Ing. Carrillo M.

Apro. 08/06/15 Ing. Carrillo M.

Número del dibujo: 09 de 16

UTA
Ing. Mecánica

(Sustitución)



Edición

Modificación

Fecha

Nombre

1

2

3

4

A

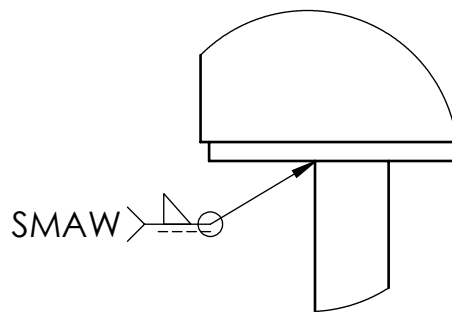
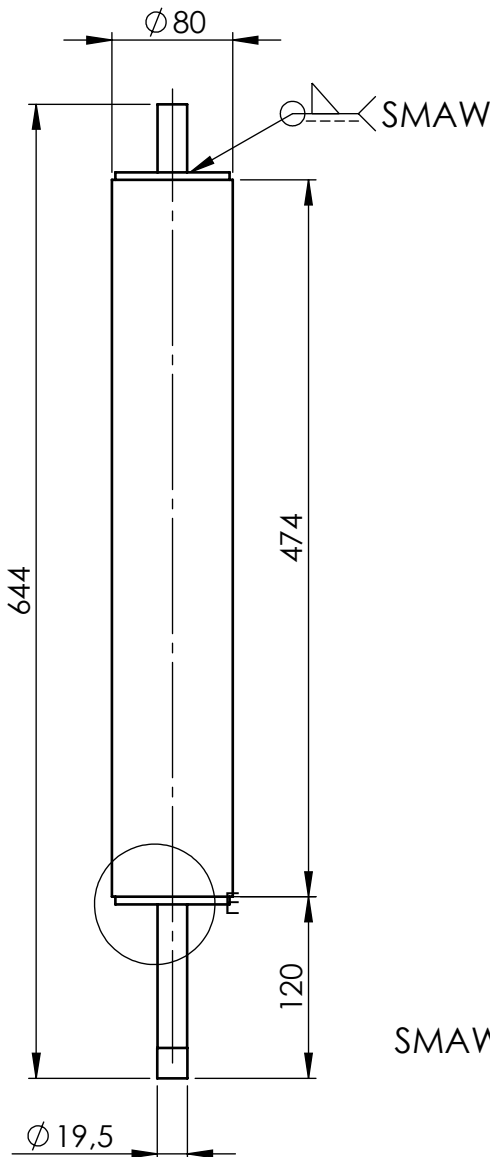
B

C

D

E

N7



| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|-----------------|---|--|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: ASTM A36 | |
| | | | | $\pm 0,5$ | 10.13 Kg | Denominación: EJE MOTRIZ SISTEMA 1 | |
| | | | | Fecha | Nombre | Escala: 1:5 | |
| | | | | Dib. 08/06/15 | Fabricio Jacome | Número del dibujo: 10 de 16 | |
| | | | | Rev. 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | (Sustitución) | |
| | | | | Apro. 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | UTA Ing. Mecánica | | | |

1

2

3

4

A

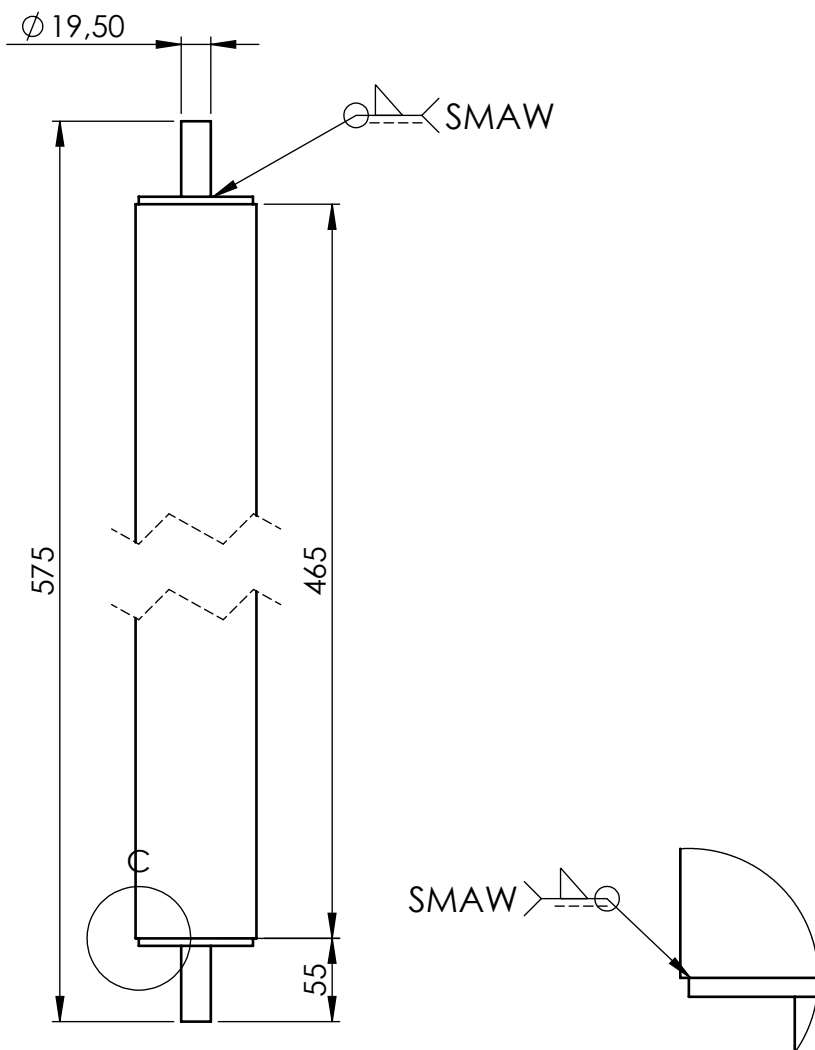
N7

B

C

D

E



DETALLE C
ESCALA 1 : 2

| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|-----------------------|------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: ASTM A36 | |
| | | | | ±0,5 | 7.22 Kg | | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: EJE CONDUCIDO | Escala: 1:5 |
| | | | | Dib. 08/06/15 | Fabricio Jacome | | |
| | | | | Rev. 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | | |
| | | | | Apro. 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | | |
| | | | | UTA | | Número del dibujo: 11 de 16 | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | Ing. Mecánica | | (Sustitución) | |

1

2

3

4

A

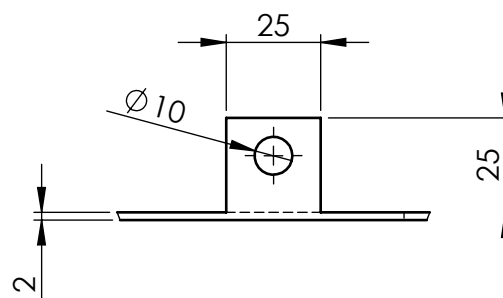
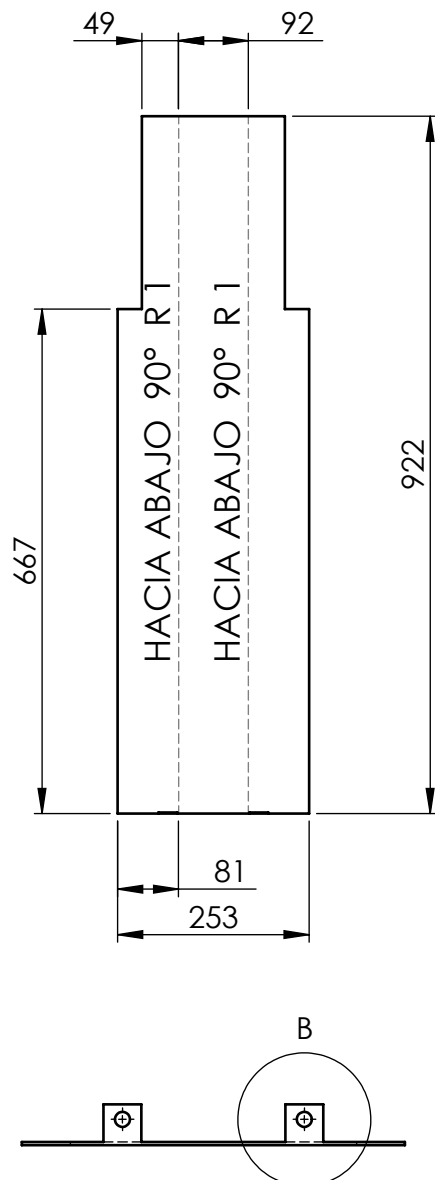
N8

B

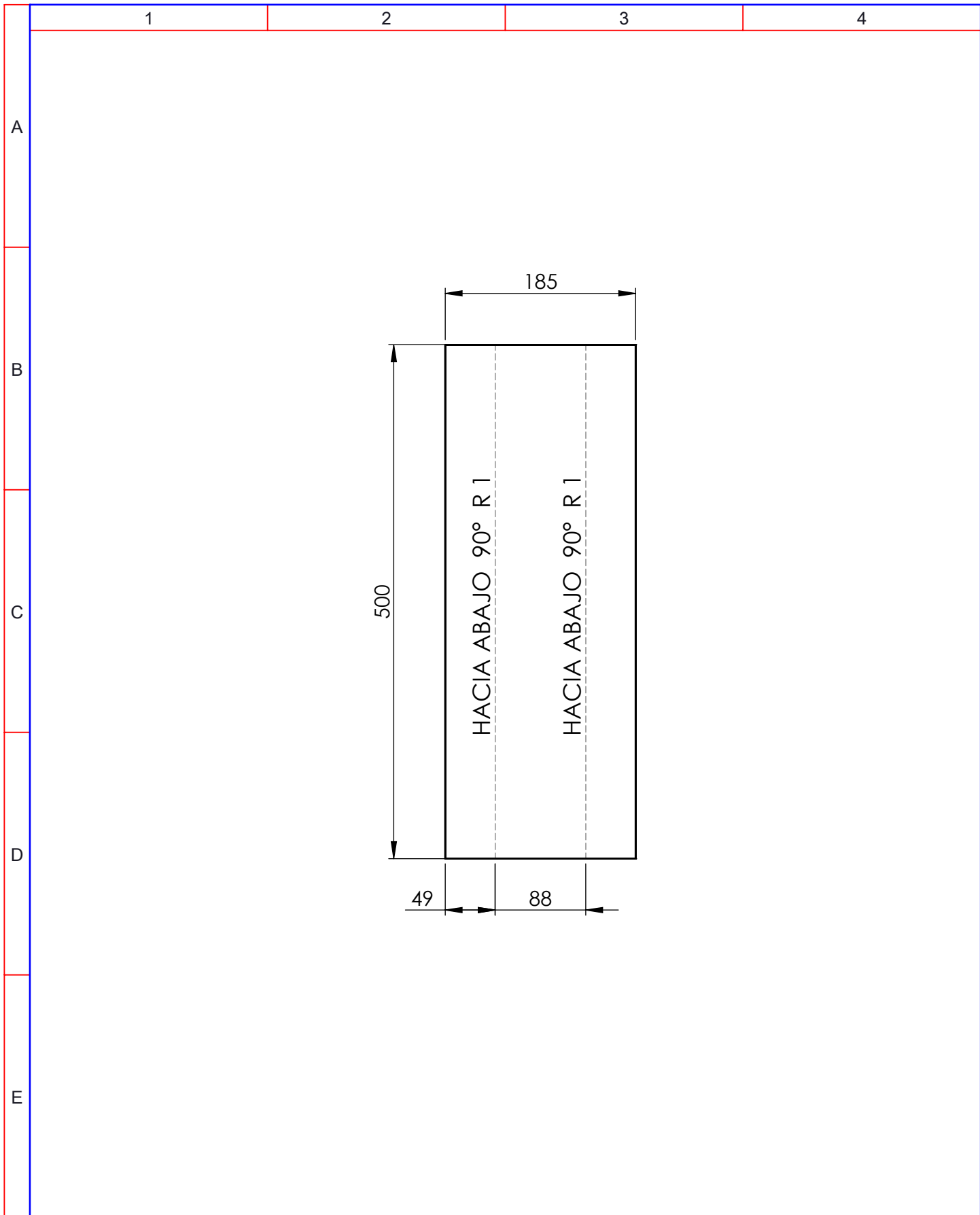
C

D

E

DETALLE B
ESCALA 1:2

| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|-----------------------|------------------------|------------------------------------|------------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: ASTM A36 | |
| | | | | ±0,5 | 0.762 Kg | | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: | Escala: |
| | | | | Dib. 08/06/15 | Fabrizio Jacome | BASE SISTEMA DE CORTE | 1:5 |
| | | | | Rev. 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | | |
| | | | | Apro. 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | | |
| | | | | UTA | | Número del dibujo: 12 de 16 | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | Ing. Mecánica | | (Sustitución) | |



| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|------------------------------------|------------------------|---|-----------------------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: ASTM A36 | |
| | | | | ±0,5 | 2.03 kg | | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: BASE SOPORTE PISTON | Escala: 1:5 |
| | | | Dib. | 08/06/15 | Fabricio Jacome | | |
| | | | Rev. | 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | | |
| | | | | Apro. | 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | |
| | | | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: 13 de 17 | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | (Sustitución) | |

1

2

3

4

N8

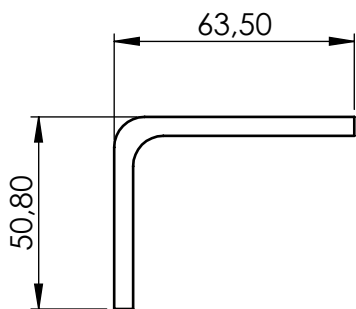
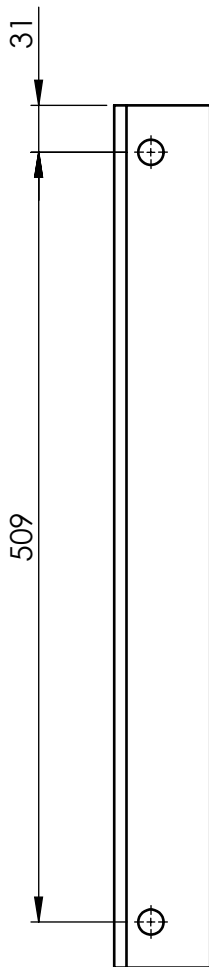
A

B

C

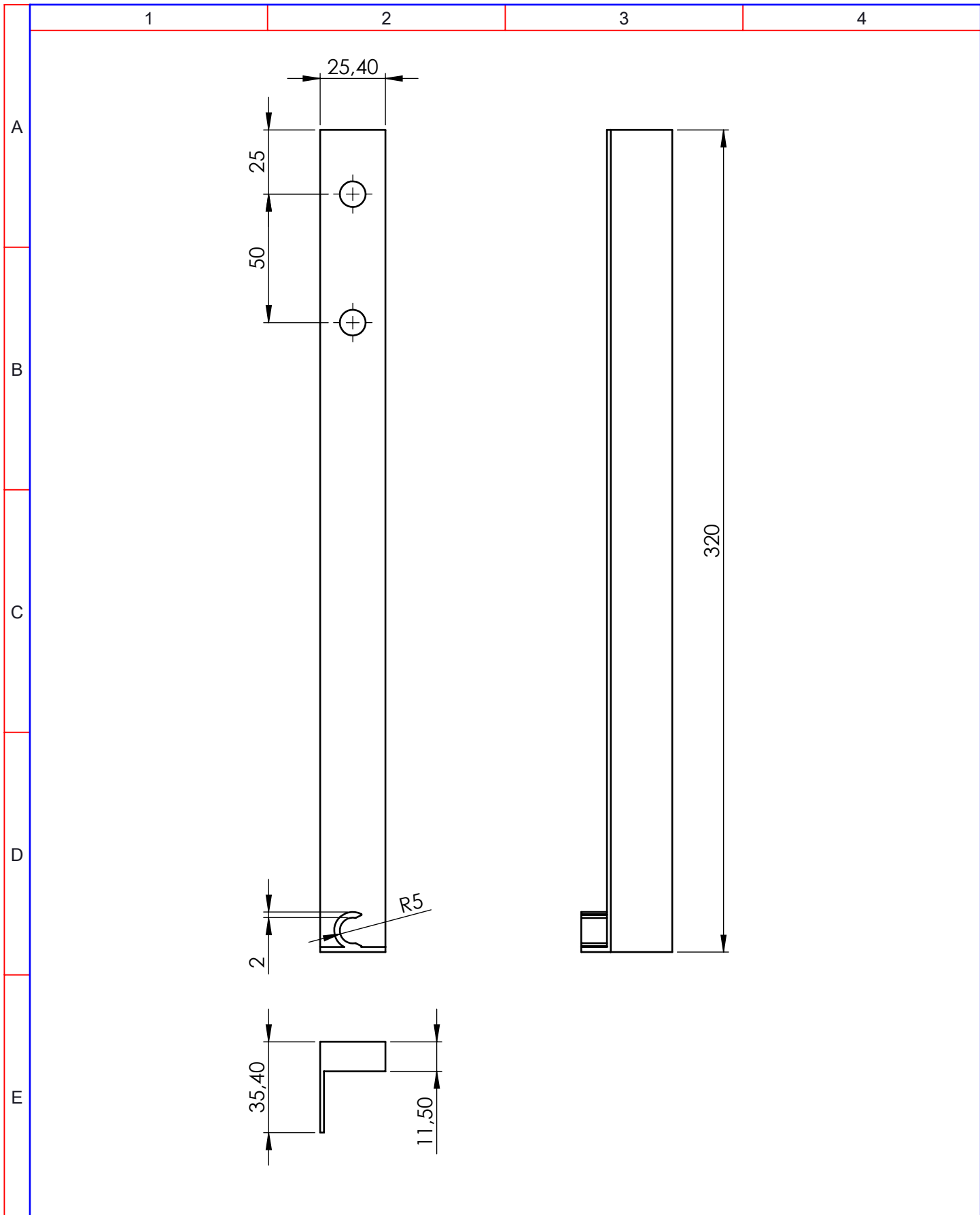
D

E



ESCALA 1 : 2

| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------|-----------------|--|-----------------------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: ASTM A36 | |
| | | | | ±0,5 | 0.762 Kg | | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: GUIA DE DESPLAZAMIENTO | Escala: 1:5 |
| | | | Dib. | 08/06/15 | Fabrizio Jacome | | |
| | | | Rev. | 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | | |
| | | | | Apro. | 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | |
| | | | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: 14 de 16 | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | (Sustitución) | |



| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|------------------------------------|------------------------|--|-----------------------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: ASTM A36 | |
| | | | | ±0,5 | 0.762 Kg | | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: SOPORTE DEL PLASTICO | Escala: 1:2 |
| | | | Dib. | 08/06/15 | Fabricio Jacome | | |
| | | | Rev. | 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | | |
| | | | | Apro. | 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | |
| | | | | UTA Ing. Mecánica | | Número del dibujo: 15 de 16 | |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre | | | (Sustitución) | |

1

2

3

4

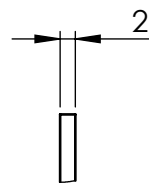
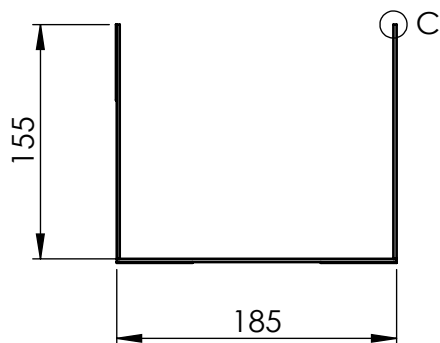
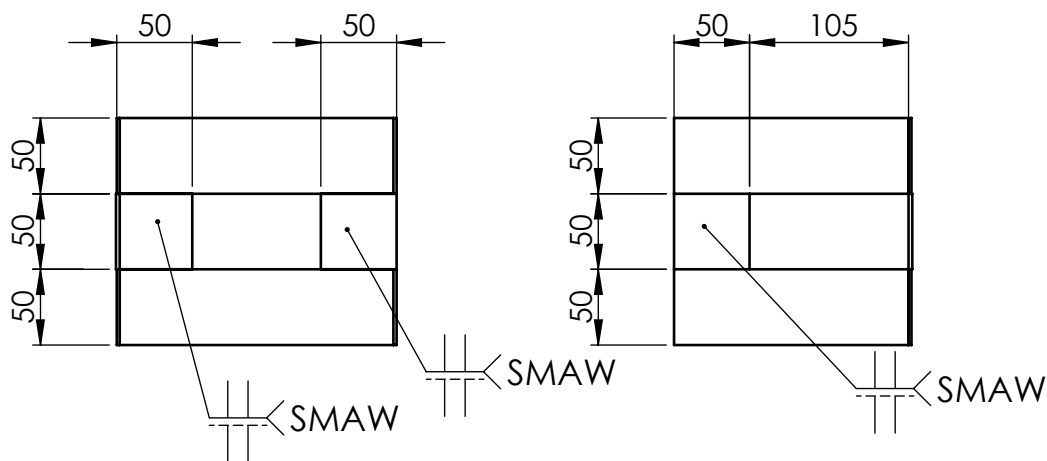
A

B

C

D

E



DETALLE C
ESCALA 1 : 1

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|-----------------------|------------------------|---|------------|
| | | | | Tolerancia | (Peso) | Materiales: PLATINA DE ACERO DE 2 mm | |
| | | | | ±0,5 | 8,75 Kg | | |
| | | | | Fecha | Nombre | Denominación: | Escala: |
| | | | | Dib. 08/06/15 | Fabricio Jacome | GUIAS PARA LAS BOTELLAS | 1:5 |
| | | | | Rev. 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | | |
| | | | | Apro. 08/06/15 | Ing.Carrillo M. | | |
| | | | | UTA | | Número del dibujo: 16 de 16 | |
| | | | | Ing. Mecánica | | (Sustitución) | |
| | | | | Edición | Modificación | Fecha | Nombre |

SMAW